

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК СССР

ВЫХОДЯТ ТРИ РАЗА В МЕСЯЦ

редакционная коллегия: акад. Л. А. Арцимович, акад. А. Г. Бетехтин, акад. А. А. Векшинский, акад. А. Н. Колмогоров (зам. главного редактора), акад. Л. Курсанов, акад. С. А. Лебедев, акад. И. Н. Назаров, акад. А. И. Некрасов, акад. А. И. Опарин (главный редактор), акад. Е. Н. Павловский, акад. Л. И. Седов, акад. Н. М. Страхов, акад. А. Н. Фрумкин (зам. главного редактора)

24-й ГОД ИЗДАНИЯ

1956

ТОМ 111, № 5

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Стр.

И. Берштейн и А. Халанай. Индекс особой точки и существование периодических решений систем с малым параметром	923
М. С. Бродский. О жордановых клетках бесконечномерных операторов	926
А. А. Гончар. О новом квазианалитическом классе функций	930
В. В. Иванов. Приближенное решение сингулярных интегральных уравнений в случае разомкнутых контуров интегрирования	933
Н. А. Кашеев. Точная граница применимости теоремы С. А. Чаплыгина для линейного уравнения	937
М. А. Крейнс, И. А. Вайнштейн и Н. Д. Айзенштат. О номографировании функций, заданных на сетке	941
А. В. Погорелов. Распространение теоремы Гаусса о сферическом изображении на случай поверхностей ограниченной внешней кривизны	945
Д. В. Салехов. О норме линейного функционала в пространстве Орлича и об одной внутренней характеристике пространства L_p	948
В. И. Соболев. О расщеплении линейных операторов	951
А. Ф. Тиман. Обобщение одной теоремы Стона	955
Хан Хен Гон. О некоторых классах топологических пространств	959
Г. Г. Шлионский. К теории ограниченных однолистных функций	962

МЕХАНИКА

Н. А. Цытович. Об определении сил сцепления связных грунтов по методу шариковой пробы	965
---	-----

ГИДРОМЕХАНИКА

Г. Л. Гродзовский. Автомодельное движение газа при сильном периферийном взрыве	969
--	-----

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

М. И. Розовский. Полусимволический способ решения некоторых задач теории наследственной упругости	972
---	-----

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. П. Маслов. Метод теории возмущений для отыскания спектра обыкновенных дифференциальных операторов с малым параметром при старшей производной	977
Хр. Я. Христов. О функции Грина кинетического уравнения нейтронов	981

ФИЗИКА

- К. П. Белов и И. К. Панина. Определение спонтанной деформации решетки при ферромагнитном превращении 98
- Б. Б. Говорков, В. И. Гольдманский, О. А. Карпухин, А. В. Куценко и В. В. Павловская. Упругое рассеяние γ -квантов с энергией до 120 Мэв протонами 98
- Л. С. Дулькова, И. Б. Соколова и М. Г. Шафранова. Рассеяние положительных и отрицательных π -мезонов с энергией 300 Мэв на водороде 98
- Е. К. Завойский, М. М. Бутслов и Г. Е. Смолкин. Предельный коэффициент усиления и собственные шумы электроннооптических усилителей света 99
- В. В. Соболев. Перенос излучения в неоднородной среде 100

БИОФИЗИКА

- Э. Я. Граевский и А. А. Нейфах. О роли гипофиза в поражении яйцеклеток амфибий при общем облучении ионизирующей радиацией 100
- З. Н. Фалеева. Влияние рентгеновской радиации на клеточный состав крови мышцей при применении защитных агентов 100

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

- Л. С. Стилбанс, Б. И. Бок и Э. Л. Лифшиц. О механизме рассеяния носителей в теллуристом свинце 101
- В. П. Фронтасев. О характере политермы теплопроводности воды в области от 10 до 60° 101

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- А. Ш. Блох. Синтез контактных (p , q)-полюсников 101
- С. В. Страхов. Уравнения переходных процессов синхронной машины, относенные к координатным осям, вращающимся с произвольной скоростью 102

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

- М. Л. Шолохович, Е. Г. Фесенко, О. П. Крамаров и А. Л. Ходаков. Получение и свойства монокристаллов твердых растворов титанатов бария и свинца и монокристаллов титаната свинца 102

ХИМИЯ

- А. Ф. Жигач, Е. Б. Казакова и Е. С. Кронгауз. В-триэтилборазол 102
- В. И. Касаточкин и О. И. Зильбербранд. О химическом строении керогена сланцев 103
- И. Л. Кнузянц и А. В. Фокин. Нитрование перфторолефинов двуокисью азота 103
- А. Л. Либерман, О. В. Брагин и Б. А. Казанский. Каталитическая циклизация n -пропилбензола в индан 103
- Е. М. Панов, В. И. Лодочникова и К. А. Кочешков. Новый метод синтеза свинцовоорганических соединений класса AgPbX_3 104
- А. В. Топчиев, С. С. Нифтонова, Р. Я. Сушик и А. А. Сучкова. Нормальные парафиновые углеводороды, выделенные из керосина ромашкинской нефти 104
- Н. И. Шуйкин и И. Ф. Бельский. О раскрытии тетрагидрофуранового цикла под действием некоторых галоидных соединений 104

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Н. Я. Бунэ и Я. М. Колотыркин. Электрохимическое поведение нержавеющей стали в растворе серной кислоты 105

БИОХИМИЯ

- А. Н. Петрова. Новые данные о биосинтезе гликогена в печени 105
- Е. Л. Розенфельд и И. С. Лукомская. О возможности существования в печени полисахарида, отличного от гликогена 105
- Б. И. Хайкина. Содержание и обменяемость отдельных фракций гликогена в ткани головного мозга 106

ГЕОЛОГИЯ

- Т. В. Астахова. К вопросу о стратиграфическом положении слоев с Daricranites 106
- А. Б. Вистелиус. Схема районирования современных отложений Восточного Кавказа и Северного Прикаспия по их минералогическому составу 106
- Б. А. Корженевский. О некоторых геоморфологических чертах хребта Каратау на Мангышлаке 107
- А. И. Осипова. О стратиграфическом значении фауны капланбекского комплекса палеогена Средней Азии 107
- Л. Я. Проводников. О преимуществе геокартирования по геофизическим графикам и возможных ошибках в геологических выводах по картам изоаномал 108
- П. П. Тимофеев. Генетическая классификация гумусовых углей среднего карбона Донбасса 108

- Я. Я. Яржемский. Преображенскит — новый борат соленосной толщи Индерского поднятия 1087

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

- И. А. Ефремов. Американские элементы в фауне пермских пресмыкающихся СССР 1091
 А. И. Нецкая и В. А. Иванова. Первая находка остракод в нижнем кембрии Восточной Сибири 1095
 Е. А. Рейтлингер. Микроскопические органические (?) остатки сердобской серии 1098
 Н. П. Суворова. Род *Lermontovia* в нижнем кембрии Сибири и Средней Азии (трилобиты) 1101

ГИСТОЛОГИЯ

- Л. Д. Марцинкевич. Развитие и возрастные изменения эластической стромы кожи млекопитающих 1105
 Г. Г. Тиняков. К вопросу о развитии волоса у сельскохозяйственных животных 1109

ЭКОЛОГИЯ

- Е. А. Коряков. Некоторые экологические приспособления в размножении голомянок (*Pisces*, *Comephoridae*) 1111

МИКРОБИОЛОГИЯ

- М. И. Гольдин и В. Л. Федотина. Исследование вируса мозаики табака методом ультратонких срезов 1115
 Н. А. Красильников, А. Н. Белозерский, Я. И. Раутенштейн, А. И. Коренько, Н. И. Никитина, А. И. Соколова и С. О. Урысон. Антибиотик гризин (гриземин) и его продуценты 1117
 Г. К. Саев и К. Ив. Марков. Пенициллин и тиамин как факторы роста стафилококков 1121

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- Е. А. Дороганевская. О связи активности каталазы у полыни с экологическими условиями 1123

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- Ю. И. Власов. Устойчивость томата к стрикку в зависимости от экологических условий 1127
 Е. Я. Ермолаева. Влияние высоких доз фосфора на повышение холодостойкости томатов 1130
 И. В. Мосолов, А. Н. Лапшина и А. В. Панова. К вопросу о внекорневом питании растений 1134
 Е. М. Полтарев. О стадии яровизации у межвидовых гибридов пшеницы 1138

ЗООЛОГИЯ

- О. П. Богданов. О нахождении на территории СССР заднебороздчатой змеи зериге — *Psammophis schokari* Forskal 1142
 П. В. Матёкин. Новые данные об ареале *Succinea elegans* Risso (*Gastropoda*, *Pulmonata*, *Stylommatophora*) 1144

ФИЗИОЛОГИЯ

- А. Н. Алиев. К физиологическому анализу механизмов интоксикации организма при анаэробной инфекции (на модели интоксикации белых крыс токсином *Vibrio septique*) 1147

ЭМБРИОЛОГИЯ

- Т. А. Детлаф. Видовые различия в формообразовательных свойствах зародышевого материала и смещение гастрюляции относительно стадий дробления (значение соотношения стадий развития и клеточных поколений) 1149
 Г. А. Шмидт. Рост и дифференцировка зародышевого диска у коровы (*Bos taurus*) 1153

CONTENTS

MATHEMATICS

Pages

- I. Bernstein and A. Halanay. The index of a singular point and the existence of periodic solutions of systems involving a small parameter 923
- M. S. Brodsky. On Jordanian cells of operators having an infinite number of dimensions 926
- A. A. Gonchar. On a new quasianalytical class of functions 930
- V. V. Ivanov. An approximate solution of singular integral equations when the integral is taken along an open curve 933
- N. A. Kashcheyev. The precise applicability boundary of Chaplyguin's theorem for a linear equation 937
- M. A. Kreines, I. A. Wainstein and N. D. Eisenstadt. Nomograms for functions given on a net 941
- A. V. Pogorelov. An extension of Gauss theorem in the spherical representation to surfaces of bounded external curvature 945
- D. V. Salekhov. On the norm of the linear functional in the Orlich space and on a certain internal characteristic of the L_p space 948
- V. I. Sobolev. On the splitting of linear operators 951
- A. F. Timan. Generalization of a Stone's theorem 955
- Khan Khen Gon. On certain classes of topological spaces 959
- G. G. Shlionsky. A contribution to the theory of bounded schlicht functions 962

MECHANICS

- N. A. Tsytovich. On the estimation of cohesion in cohesive grounds by ball test 965

FLUID MECHANICS

- G. L. Grodzovsky. Automodel motion of gas in strong peripheral explosion 969

THEORY OF ELASTICITY

- M. I. Rosovsky. Semisymbolic method of solving certain problems in the hereditary elasticity theory 972

MATHEMATICAL PHYSICS

- V. P. Maslov. The use of the perturbation theory for finding the spectrum of ordinary differential operators involving a small parameter in the term with the highest derivative. 977
- Chr. J. Christov. On Green's function in the kinetic equation of neutrons 981

PHYSICS

- K. P. Belov and I. K. Panina. Estimation of the spontaneous deformation of the lattice on ferromagnetic transformation 985
- B. B. Govorkov, V. I. Goldansky, O. A. Karpukhin, A. V. Kutsenko and V. V. Pavlovskaya. Elastic scattering of γ -quanta of up to 120 Mev energy by protons 988
- L. S. Dulkova, I. B. Sokolova and M. G. Shafranov. Scattering of 300 Mev energy pions, both positive and negative, on hydrogen 992
- E. K. Zavoisky, M. M. Butslov and G. E. Smolkin. Limit intensification coefficient and proper noises of electron optical light intensifiers 996
- V. V. Sobolev. Transfer of radiation in unhomogeneous medium 1000

BIOPHYSICS

- E. J. Graevsky and A. A. Neyfakh. On the rôle of the pituitary body in the affection of eggs of Amphibians exposed to total treatment with ionizing radiation 1004
- Z. N. Faleyeva. Influence of X-radiation upon the cellular composition of blood in mice in the case of application of protective agents 1007

TECHNICAL PHYSICS

- L. S. Stilbans, B. I. Bok and E. L. Lifshits. On the mechanism of the scattering of carriers in tellurium lead 1011
- V. P. Frontasiev. On the character of the thermal conductivity polytherm for water in the region of 10 to 60° 1014

ELECTRICAL ENGINEERING

- A. Sh. Blokh. Synthesis of contact (p, q)-poles 1017
- S. V. Strakhov. Equations of transient processes in a synchronous machine when the reference frame is rotating with an arbitrary velocity 1020

- M. L. Sholokhovitch, E. G. Fesenko, O. P. Kramarov and A. L. Khodakov. The production and properties of single crystals of solid solutions of barium titanate and lead titanate and of single crystals of lead titanate 1025

CHEMISTRY

- A. F. Zhigach, E. B. Kazakova and E. S. Kronhaus. The B-triethylborazole . . 1029
 V. I. Kasatochkin and O. I. Silberbrand. On the chemical structure of kerogen in oil shales 1031
 I. L. Knunians and A. V. Fokin. Nitration of perfluorolefines by nitrogen dioxide 1035
 A. L. Liberman, O. V. Bragin and B. A. Kasansky. Catalytic cyclization of *n*-propylbenzene to indane 1039
 E. M. Panov, V. I. Lodochnikova and K. A. Kocheshkov. A new method for the production of ArPbX_3 lead-organic compounds 1042
 A. V. Topchiev, S. S. Nifontova, R. J. Sushchik and A. A. Suchkova. Normal paraffins isolated from the Romashkin petroleum gasoline 1045
 N. I. Shuikin and I. F. Belsky. On the opening of the tetrahydrofuran ring under the action of some halogen compounds 1048

PHYSICAL CHEMISTRY

- N. J. Buné and J. M. Kolotyrkin. The electrochemical behaviour of stainless steel in sulphuric acid solution 1050

BIOCHEMISTRY

- A. N. Petrova. New data on the biosynthesis of glycogen in the liver 1054
 E. L. Rosenfeld and I. S. Lukomskaya. A new polysaccharide in the liver differing from glycogen 1058
 B. I. Khaykina. Content and exchangeability of separate glycogen fractions in the brain tissue 1061

GEOLOGY

- T. V. Astakhova. A contribution to the problem as to the stratigraphic position of Doricranites-containing layers 1065
 A. B. Vistelius. Regional division of the recent deposits of Eastern Caucasus and Northern Near-Caspian by mineral associations 1068
 B. A. Korzhenevsky. On some geomorphological features of the Karatau mountain range (Mangyshlak) 1072
 A. I. Osipova. On the stratigraphic importance of the fauna of the Kaplanbek complex from the Paleogene of Central Asia 1076
 L. J. Provodnikov. On the advantage offered by geological mapping according to geophysical graphs, and the possible errors involved in geological conclusions inferred from isoanomal line maps 1080
 P. P. Timofeyev. Genetic classification of the humus-coals of the Middle Carboniferous of the Donetz Basin 1083

MINERALOGY

- J. J. Yarzhemsky. Preobrazhensquite, a new borate of saliferous strata of the Inder upheaval 1087

PALAEONTOLOGY

- I. A. Efremov. American elements in the fauna of Permian Reptiles of the USSR 1091
 A. I. Neckaya and V. A. Ivanova. The first discovery of Ostracoda in the Lower Cambrian of Eastern Siberia 1095
 E. A. Reitlinger. Microscopic organic (?) remains in the Serdob series 1098
 N. P. Suvorova. The genus Lermontovia from the Lower Cambrian of Siberia and Central Asia (Trilobites) 1101

HISTOLOGY

- L. D. Marzinkevich. Development and age-variations in the elastic stroma of the skin in Mammals 1105
 G. G. Tiniaikova. A contribution to the problem of hair development in agricultural animals 1109

ECOLOGY

- E. A. Koriakov. Certain ecological adaptations in the reproduction of Comephoridae 1111

MICROBIOLOGY

- M. I. Goldin and V. L. Fedotina. Mosaic virus of tobacco, studied by the method of ultra-thin sections 1115

	Pages
N. A. Krasilnikov, A. N. Belozersky, J. I. Rautenstein, A. I. Korenjako, N. I. Nikitina, A. I. Sokolova and S. O. Urisson. Antibiotic grisin (grisemin) and its producers	1117
G. K. Saev and K. Iv. Markov. Penicillin and thiamin as growth factors of Staphylococci	1121
PLANT ECOLOGY	
E. A. Doroganovskaya. Catalase activity in Artemisia as connected with ecological conditions	1123
PLANT PHYSIOLOGY	
Yu. I. Vlasov. The resistance of the tomato plant to streak disease, as influenced by ecological conditions	1127
E. J. Ermolayeva. The effect of high phosphorus doses upon the increase of cold resistance in tomato plants	1130
I. V. Mosolov, A. N. Lapshina and A. V. Panova. A contribution to the problem of extra-radical plant nutrition	1134
E. M. Poltarev. The formation of the ierovization stade in interspecific wheat hybrids	1138
ZOOLOGY	
O. P. Bogdanov. On the discovery of the sand snake Psammophis schokari Forskal. in the USSR.	1142
P. V. Matekin. New data concerning the area of distribution of Succinea elegans Risso (Gastropoda, Pulmonata, Stylommatophora)	1144
PHYSIOLOGY	
A. N. Aliev. An attempt to a physiological analysis of the process of intoxication of the organism in case of anaerobic infection (on a model of intoxication of white rats with Vibrio septique)	1147
EMBRYOLOGY	
T. A. Dettlaff. The species differences in the form building properties of the germ material and the shift of gastrulation processes with respect to cleavage stages (the problem of biological age of the embryo as an interrelation of developmental stages and cell generations)	1149
G. A. Schmidt. Growth and differentiation of the embryonic disk in Bos taurus	1153

ПОПРАВКА

В моей статье, помещенной в ДАН, т. 107, № 3, 1956 г. (И. Я. Бакельман, «Оценки деформаций регулярных выпуклых поверхностей в зависимости от изменения их внутренней метрики») по моему недосмотру в оценках теорем 1—4 пропущен множитель $C(M, R_0)$, где $M = \max \left\{ \|z_0\|_{\alpha+\varepsilon}, \left\| \frac{dF^{(0)}}{dr} \right\|_{\alpha+\varepsilon}, \dots, \left\| \frac{dF^{(0)}}{dz} \right\|_{\alpha+\varepsilon} \right\}$. Этот множитель представляет собой норму операции $[P'(z_0)]^{-1}$.

Оценки в указанных теоремах должны быть записаны так:

Теорема 1. $\|z - z_0\|_{2,\alpha} \leq 2C(M, R_0)(\delta + \delta_1)$.

Теорема 2. $\|z - z_0\|_{2,\alpha} \leq C(M, R_0)\delta$.

Теорема 3. $\|r - r_0\|_{2,\alpha} \leq 6C(M, R_0)(\delta + \delta_1)$.

Теорема 4. $\|p' - p_0\|_{2,\alpha'} \leq 2C(M, R_0)\delta; \quad \|\varphi' - \varphi_0\|_{2,\alpha'} \leq 2C(M, R_0)\delta,$
 $\theta' - \theta_0\|_{2,\alpha'} \leq 2C(M, P_0)\delta.$

И. Я. Бакельман

МАТЕМАТИКА

И. БЕРШТЕЙН и А. ХАЛАНЯЙ

ИНДЕКС ОСОБОЙ ТОЧКИ И СУЩЕСТВОВАНИЕ
ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СИСТЕМ С МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ

(Представлено академиком П. С. Александровым 13 VII 1956)

Круг вопросов, к которому принадлежит настоящая заметка, касается установления геометрических критериев существования периодических решений систем с малым параметром. Оказывается, что можно получить достаточно общий критерий, используя индекс особой точки.

Пусть дана система

$$\frac{dx}{dt} = X(x) + \mu Y(x, t, \mu), \quad x \in E^n, \quad (1)$$

где X и Y — непрерывные n -мерные вектор-функции, причем Y периодически зависит от t — с периодом ω .

Предположим, что начало координат является изолированной особой точкой порождающей системы

$$\frac{dx}{dt} = X(x). \quad (1')$$

Кроме того предполагается, что в некоторой окрестности Ω начала координат выполнены условия, обеспечивающие единственность решения, также его непрерывную зависимость от начальных условий и от параметра (при $|\mu| < \mu_0$).

Нас интересует существование для достаточно малого μ периодических решений системы (1). Легко видеть, что это равносильно существованию подвижных точек непрерывного отображения

$$\varphi_\mu: \Omega \rightarrow E^n, \quad \varphi_\mu(x_0) = x_\mu(x_0, \omega), \quad (2)$$

где $x_\mu(x_0, \omega)$ — решение системы (1), которое при $t = 0$ проходит через точку x_0 . Это, в свою очередь, равносильно существованию особой точки векторного поля

$$V_\mu(x_0, \mu) = x_\mu(x_0, \omega) - x_0. \quad (2')$$

Такая точка заведомо существует внутри сферы S с центром в начале координат, если характеристика поля (2') на S отлична от нуля (см., например, (1), гл. XVI, ([5:13]). Но при достаточно малых μ характеристика поля $V_\mu(x_0, \omega)$ на S равна характеристике поля $V(x_0, \omega) = V_0(x_0, \mu)$; это следует из непрерывной зависимости решений от параметра.

Пусть S — любая сфера, содержащаяся в достаточно малой окрестности начала и на которой векторное поле $X(x)$ не имеет особых точек. Покажем, что при некоторых условиях характеристика поля $V(x_0, \omega)$ на S равна просто индексу изолированной особой точки $x = 0$ поля $X(x)$.

По определению, индекс изолированной особой точки x векторного

поля равен характеристике этого поля на достаточно малой сфере S вокруг x , внутри которой нет других особых точек*. Для того чтобы показать, что характеристики полей $X(x_0)$ и $V(x_0, \omega)$ равны, достаточно доказать, что существует допустимая непрерывная деформация одного поля в другое, т. е. существует поле $W(x_0, \tau)$ такое, что $W(x_0, 0) = X(x_0)$, $W(x_0, 1) = \frac{1}{\omega} V(x_0, \omega)$, $W(x_0, \tau) \neq 0$ на S при $0 \leq \tau \leq 1$ (см. (1), гл. XV [5:11]). Предположим, что особая точка $x = 0$ системы (1') не является центром, т. е. предположим, что существует достаточно малая окрестность этой точки, в которой система не имеет периодических решений кроме тривиального. Поле $W(x_0, \tau)$ определим следующим образом:

$$W(x_0, \tau) = \frac{1}{\omega\tau} [x(x_0, \omega\tau) - x_0] \quad \text{при } \tau \neq 0, \quad W(x_0, 0) = X(x_0). \quad (3)$$

Непрерывность поля обеспечивается тем, что $\frac{d}{dt} x(x_0, t)|_{t=0} = X(x_0)$, а то, что $W(x_0, \tau) \neq 0$ при $0 \leq \tau \leq 1$, следует из предположения, что в данной окрестности нет периодических решений (и, следовательно, $x(x_0, \omega\tau) \neq x_0$).

Геометрический смысл этой деформации вполне ясен: мы деформируем касательный вектор $X(x)$ в вектор, соединяющий точки x_0 и $x(x_0, \omega\tau)$ через хорды, соединяющие точки x_0 и $x(x_0, t)$, $0 \leq t \leq \omega$.

Таким образом, индекс особой точки $x = 0$ системы (1') равен характеристике векторного поля $V(x_0, \omega)$, а значит и поля $V_\mu(x_0, \omega)$ при достаточно малом μ ; если этот индекс отличен от нуля, то поле $V_\mu(x_0, \omega)$ имеет особую точку и, следовательно, существует периодическое решение системы (1).

Итак, доказана следующая теорема.

Теорема 1. Если особая точка системы (1') не является центром и ее индекс отличен от нуля, то при достаточно малом μ система (1) имеет периодическое решение, которое при $\mu \rightarrow 0$ стремится к особой точке системы (1').

То, что теорема 1 не имеет места в случае центра, видно из самых простых примеров квазилинейных колебаний. Все же условие отсутствия центра можно ослабить. Во-первых, из самого доказательства можно усмотреть, что если особая точка не является предельной для периодических решений системы (1') с собственными периодами $\omega' \leq \omega$, то утверждение теоремы остается верным. Во-вторых, для случая $n = 2$ можно получить следующий результат:

Теорема 2. Если при $n = 2$ в некоторой окрестности особой точки существует периодическое решение системы (1') с периодом ω' , причём $\omega' \neq \omega$, то при достаточно малом μ существует периодическое решение системы (1) периода ω .

Доказательство. Пусть Γ — траектория периодического решения системы (1'). Характеристика поля $X(x)$ на Γ равна 1, так как $X(x)$ касательно к Γ . Обозначим $V(x_0, t) = x(x_0, t) - x_0$. Пусть $\omega = k\omega' + \bar{\omega}$, $\bar{\omega} < \omega'$. На Γ поле $V(x_0, \omega)$ совпадает с полем $V(x_0, \bar{\omega})$, так как если $x_0 \in \Gamma$, то имеем

$$x(x_0, \omega) = x(x_0, \bar{\omega} + k\omega') = x(x_0, \bar{\omega}).$$

Но при $0 \leq t \leq \bar{\omega}$, $V(x_0, t)$ отлично от нуля на Γ , и это показывает, что можно допустимо деформировать поле $X(x_0)$ в поле $V(x_0, \omega)$. Отсюда

* Напомним, что характеристика векторного поля $X(x)$ на сфере $S^{n-1} \subset E^n$, на которой $X \neq 0$ — это степень отображения $\frac{X(x)}{|X(x)|}$ ($|X|$ — длина вектора X) сферы S^{n-1} в единичную сферу. В случае $n = 2$ — это индекс Пуанкаре.

следует, что поле $V(x_0, \omega)$ имеет характеристику 1 на Γ . Далее рассуждаем, как в теореме 1.

Пример 1. Если $n = 2$, то индекс χ легко вычислить из конфигурации интегральных кривых: $\chi = 1 - \frac{e}{2} + \frac{i}{2}$, где e — число точек внешнего, а i — число точек внутреннего скольжения на окружности, содержащей внутри данную особую точку. Так, в рассмотренном в (2) случае имеем $\chi < 0$, и существование периодического решения системы с малым параметром следует из теоремы 1.

Пример 2. Если тривиальное решение (автономной) системы (1') асимптотически устойчиво, то $\chi = \pm 1$, и получаем снова результат из (3).

Пример 3. Система

$$\frac{dx}{dt} = x^2 + y^2 + \mu^2,$$

$$\frac{dy}{dt} = x^2 + y^2 + \mu^2$$

имеет (при $\mu = 0$) в начале координат особую точку с индексом $\chi = 0$. Она не допускает при $\mu \neq 0$ периодических решений, так как все ее траектории — прямые с угловым коэффициентом 1, а скорость строго положительна. Таким образом, условие неравенства нулю индекса в теореме 1 существенно.

Математический институт
Академии Румынской Народной Республики
Бухарест

Поступило
28 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ П. С. Александров, Комбинаторная топология, М., 1947. ² A. Halanay, Acad. R. P. R., Bul. St., Secția mat. fiz., 7, No. 2, 319 (1955); I. Barbălat, Acad. R. P. R., Bul. St., Secția mat. fiz., 7, No. 2, 325 (1955). ³ A. Halanay, Acad. R. P. R., Bul. St., Secția mat. fiz., 6, No. 3, 483 (1954).

М. С. БРОДСКИЙ

О ЖОРДАНОВЫХ КЛЕТКАХ БЕСКОНЕЧНОМЕРНЫХ ОПЕРАТОРОВ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 12 VII 1956)

Аналогом конечномерного оператора, имеющего лишь один элементарный делитель, естественно считать в случае бесконечномерного пространства оператор, обладающий следующим свойством: одно из любых двух его инвариантных подпространств является частью другого. Условимся называть такой оператор одноклеточным. В настоящей статье приводится достаточный признак одноклеточности и рассматриваются некоторые примеры. В частности, дается решение задачи, обобщающей задачу И. М. Гельфанда ⁽¹⁾: указываются достаточные условия, которые нужно наложить на функции $f_0(x), f_1(x), f_2(x), \dots, f_r(x)$ для того, чтобы последовательность

$$f_0(x), f_1(x) = Kf_0(x), f_2(x) = Kf_1(x), \dots,$$

где

$$Kf = \int_0^x [\varphi_1(x) \overline{\varphi_1(t)} + \varphi_2(x) \overline{\varphi_2(t)} + \dots + \varphi_r(x) \overline{\varphi_r(t)}] f(t) dt$$

являлась полной в $L_2[0, 1]$.

1. Пусть в гильбертовом пространстве H действует линейный ограниченный оператор A , у которого неэрмитово подпространство $E = \frac{A - A^*}{i} H$ конечномерно. Обозначим через e_α ($\alpha = 1, 2, \dots, r$) ортонормированный базис собственных векторов оператора $\frac{A - A^*}{i}$ в подпространстве E , через ω_α — соответствующие этим векторам собственные значения. Будем предполагать, что: а) спектр оператора A состоит из одной лишь точки 0; б) $\omega_\alpha > 0$ ($\alpha = 1, 2, \dots, r$); в) оператор A простой, т. е. замыкание линейной оболочки всех векторов вида $A^n e_\alpha$ ($n = 0, 1, 2, \dots; \alpha = 1, 2, \dots, r$) совпадает с H . Класс операторов, обладающих перечисленными выше свойствами, обозначим через K^+ .

Рассмотрим характеристическую матрицу-функцию ^(2, 3) оператора A :

$$W(\lambda) = I - i\P \| ((A - \lambda E)^{-1} e_\alpha, e_\beta) \| \Pi^*,$$

где Π — произвольная квадратная или прямоугольная матрица, удовлетворяющая условию $\Pi^* \Pi = \Omega$, $\Omega = \begin{vmatrix} \omega_1 & & \\ & \omega_2 & \\ & & \ddots \\ & & & \omega_r \end{vmatrix}$. Элементы матрицы $W(\lambda)$

являются, очевидно, целыми функциями от $z = \frac{1}{\lambda}$, причем $\lim_{\lambda \rightarrow \infty} W(\lambda) = I$.

Кроме того, из равенства

$$I - W(\lambda) W^*(\lambda) = i(\lambda - \bar{\lambda}) \Pi \| ((A - \lambda E)^{-1} e_\alpha, (A - \lambda E)^{-1} e_\beta) \| \Pi^*$$

ытекает, что

$$W(\lambda) W^*(\lambda) = I \quad (\operatorname{Im} \lambda = 0); \quad W(\lambda) W^*(\lambda) > I \quad (\operatorname{Im} \lambda > 0).$$

Следовательно (4),

$$W(\lambda) = \int_0^l e^{\frac{i}{\lambda} dE(x)} = \lim_{\Delta x_i \rightarrow 0} \left(e^{\frac{i}{\lambda} \Delta E_k} \dots e^{\frac{i}{\lambda} \Delta E_2} e^{\frac{i}{\lambda} \Delta E_1} \right), \quad (1)$$

где $E(x) = \int_0^x \beta^2(t) dt$; $\beta^2(x)$ — некоторая эрмитово неотрицательная матри-

ца, суммируемая на промежутке $[0, l]$, $l = \sum_{\alpha=1}^r \omega_\alpha$ и удовлетворяющая условию $\operatorname{Sp} \beta^2(x) \equiv 1$, $0 = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_k = l$, $\Delta E_l = E(x_l) - E(x_{l-1})$, $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$. Число l будем называть неэрмитовым следом оператора A .

Из мультипликативного представления (1) легко следует, что

$$\|W(\lambda)\| \leq e^{l|\lambda|}. \quad (2)$$

Теорема. Если знак равенства в (2) достигается (в том смысле, что для любого $\varepsilon > 0$ найдется последовательность $\lambda_k \rightarrow 0$, для которой

$\|W(\lambda_k)\| > e^{\frac{l-\varepsilon}{|\lambda_k|}}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)), то оператор A является одноклеточным.

Доказательство. 1) Рассмотрим пространство L вектор-функций $f(x) = \|f_1(x) f_2(x) \dots f_r(x)\|$, заданных на промежутке $[0, l]$, со скалярным

произведением $(f, g) = \int_0^l f(x) g^*(x) dx$. Оператор A унитарно эквивалентен простой части (2) оператора B , заданного в L равенством

$$Bf(x) = i \int_x^l f(t) \beta(t) dt \beta(x). \quad (3)$$

Из (3) следует, что

$$\lambda((B - \lambda E)^{-1} f, e) = - \int_0^l f(x) \beta(x) W(x, \lambda) dx e_1^*, \quad (4)$$

где $f \in L$, $e \in \frac{B-B^*}{i} L$, e_1 — некоторый вектор с постоянными координатами, являющийся линейной функцией от e , а матрица $W(x, \lambda)$ удовлетворяет условиям

$$\frac{dW(x, \lambda)}{dx} = \frac{i}{\lambda} \beta^2(x) W(x, \lambda), \quad W(0, \lambda) = I,$$

следовательно, представима в виде $W(x, \lambda) = \int_0^x e^{\frac{i}{\lambda} dE(t)}$, $E(x) =$

$\int_0^x \beta^2(t) dt$. Так как $\|W(x, \lambda)\| \leq e^{\frac{x}{|\lambda|}}$ и матрица $W(x, \lambda)$ при веществен-

ном λ унитарна, то, оценивая левую часть (4) и заменяя B на A ,

получим:

$$|\lambda((A - \lambda E)^{-1}f, e)| < e^{\frac{l+\varepsilon}{|\lambda|}} \quad (|\lambda| < M(\varepsilon, f, e), f \in H, e \in E); \quad (5)$$

$$|\lambda((A - \lambda E)^{-1}f, e)| < C \|f\| \|e\| \quad (\operatorname{Im} \lambda = 0, f \in H, e \in E), \quad (6)$$

где $\varepsilon > 0$ произвольно, а C — постоянная, не зависящая от f, e и λ .

2) Пусть H_0 — некоторое инвариантное подпространство оператора A . A_0 — оператор, порожденный оператором A в H_0 . Легко проверить, что оператор A_0 вместе с A принадлежит классу K^+ . Следовательно, оценка (5) справедлива и для оператора A_0 :

$$|\lambda((A_0 - \lambda E)^{-1}f_0, e_0)| < e^{\frac{l_0+\varepsilon}{|\lambda|}} \quad (|\lambda| < M_0(\varepsilon, f_0, e_0), f_0 \in H_0, e_0 \in E_0), \quad (7)$$

где E_0 — неэрмитово подпространство оператора A_0 ; l_0 — его неэрмитов след. Заметим, что при $H_0 \neq H$ $l_0 < l$.

3) Допустим, что оператор A имеет в H инвариантные подпространства H_1 и H_2 , причем H является замыканием множества векторов вида $f_1 + f_2$ ($f_i \in H_i$). Покажем, что одно из подпространств H_i совпадает с H . Допуская противное, получим неравенства $l_i < l$ ($i = 1, 2$), где l_i — неэрмитов след оператора A_i , порожденного оператором A в H_i . Пусть e' и e'' — некоторые орты, принадлежащие E . Тогда $e' = \lim_{n \rightarrow \infty} f_n$, $f_n = f_n^{(1)} + f_n^{(2)}$ ($f_n^{(i)} \in H_i$) и

$$\begin{aligned} ((A - \lambda E)^{-1}f_n, e'') &= ((A_1 - \lambda E)^{-1}f_n^{(1)}, e'') + ((A_2 - \lambda E)^{-1}f_n^{(2)}, e'') = \\ &= ((A_1 - \lambda E)^{-1}f_n^{(1)}, e_1) + ((A_2 - \lambda E)^{-1}f_n^{(2)}, e_2), \end{aligned}$$

где e_1 и e_2 являются проекциями орта e'' на H_1 и H_2 и поэтому принадлежат, соответственно, неэрмитовым подпространствам операторов A_1 и A_2 . Используя оценку (7), получим:

$$|\lambda((A - \lambda E)^{-1}f_n, e'')| < e^{\frac{l^*+\varepsilon}{|\lambda|}} \quad (|\lambda| < M'(\varepsilon, f_n, e''), l^* = \max\{l_1, l_2\} < l).$$

Так как, в силу (6),

$$|\lambda((A - \lambda E)^{-1}f_n, e'')| < C \|f_n\| \quad (\operatorname{Im} \lambda = 0),$$

то, применяя к целой функции $\frac{1}{z} \left((A - \frac{1}{z} E)^{-1} f_n, e'' \right)$, $z = \frac{1}{\lambda}$, известную теорему С. Н. Бернштейна, получим для всех $\lambda \neq 0$:

$$|\lambda((A - \lambda E)^{-1}f_n, e'')| < C \|f_n\| e^{\frac{l^*}{|\lambda|}}, \quad |\lambda((A - \lambda E)^{-1}e', e'')| \leq C e^{\frac{l^*}{|\lambda|}}.$$

Следовательно,

$$\|W(\lambda)\| < e^{\frac{l^*+\varepsilon}{|\lambda|}} \quad (|\lambda| < N(\varepsilon), l^* < l),$$

что противоречит условию теоремы.

4) Пусть теперь H' и H'' — производные инвариантные подпространства оператора A ; H_1 — наименьшее подпространство, содержащее H' и H'' ; $H_2 = H \ominus H_1$. Тогда (3)

$$W(\lambda) = W_2(\lambda) W_1(\lambda), \quad (8)$$

где $W_i(\lambda)$ — проекция $W(\lambda)$ на подпространство H_i . Так как неэрмитов след l оператора A равен сумме неэрмитовых следов операторов A_1 и A_2 , порожденных A в H_1 и H_2 ($A_2 f = P_2 A f$ ($f \in H_2$), где P_2 — оператор проецирования на H_2), то из (8) легко следует, что оператор A_1 также удовлетворяет условиям теоремы. Повторяя рассуждения предыдущего пункта, найдем, что либо H' , либо H'' совпадает с H_1 . Теорема доказана.

II. Рассмотрим в $L_2[0, l]$ оператор

$$A f(x) = i \int_0^x [\varphi_1(x) \overline{\varphi_1(t)} + \varphi_2(x) \overline{\varphi_2(t)} + \dots + \varphi_r(x) \overline{\varphi_r(t)}] f(t) dt = \\ = i \xi(x) \int_0^x \xi^*(t) f(t) dt, \quad (9)$$

$$\xi(x) = \|\varphi_1(x) \varphi_2(x) \dots \varphi_r(x)\|, \quad \xi(x) \xi^*(x) \equiv 1.$$

Легко проверить, что он принадлежит классу K^+ . Если матрица $W(x, \lambda)$ удовлетворяет условиям $\frac{dW(x, \lambda)}{dx} = \frac{i}{\lambda} \xi^*(x) \xi(x) W(x, \lambda)$, $W(0, \lambda) \equiv 1$, то матрица $W(\lambda) = W(l, \lambda)$ является характеристикой для оператора (9). Исследуя асимптотическое поведение функции $W(x, \lambda)$ при $\lambda \rightarrow 0$ и применяя доказанную выше теорему, получаем следующий результат.

1) Если каждая из функций $\varphi_i(x)$ имеет абсолютно непрерывную производную первого порядка, то оператор (9) является одноклеточным. Каждое его инвариантное подпространство состоит из всех функций, равных нулю почти всюду на некотором промежутке $[0, a]$, $a \leq l$.

Следствие. При условиях, наложенных на функции $\varphi_i(x)$, последовательность $f_k(x) = A^k f_0(x)$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) в том и только том случае плотна в $L_2[0, l]$, когда мера множества тех точек интервала $(0, \varepsilon)$, в которых $f_0(x) \neq 0$, положительна при любом $\varepsilon > 0$.

В случае, когда вектор $\xi(x)$ является кусочно-постоянным, матрица-функция $W(\lambda)$ легко вычисляется, что приводит к следующему выводу:

2) Если $0 = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_p = l$ и вектор $\xi(x)$ сохраняет постоянное значение ξ_k на промежутке $[x_{k-1}, x_k]$ ($k = 1, 2, \dots, p$), то оператор (9) является одноклеточным в том и только том случае, когда среди векторов $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_p$ нет соседних взаимно ортогональных.

Утверждения 1) и 2) остаются в силе, если отбросить условие $\xi(x) \xi^*(x) \equiv 1$ и потребовать лишь, чтобы почти всюду на $[0, l]$ выполнялось неравенство $\xi(x) \xi^*(x) \neq 0$.

Одесский государственный
педагогический институт
им. К. Д. Ушинского

Поступило
20 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. М. Гельфанд, Усп. матем. наук, в. 5, 233 (1938). ² М. С. Лившиц, Матем. сборн., 34 (76): 1, 145 (1954). ³ М. С. Бродский, ДАН, 97, № 5, 761 (1954).
⁴ В. П. Потапов, ДАН, 77, № 5, 849 (1950).

А. А. ГОНЧАР

О НОВОМ КВАЗИАНАЛИТИЧЕСКОМ КЛАССЕ ФУНКЦИЙ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 13 VII 1956)

А. Н. Колмогоров заметил, что обратные теоремы о зависимости внутренних свойств функции от скорости стремления к нулю ее наилучших приближений рациональными функциями⁽¹⁾ естественно формулировать, не ограничиваясь рассмотрением класса непрерывных функций.

В настоящей заметке посредством наилучших приближений рациональными функциями вводится квазианалитический класс измеримых функций, определенных и конечных почти всюду на отрезке $[0, 1]$.

Пусть $f(x)$ — функция, непрерывная на замкнутом множестве F . Назовем наилучшим приближением функции $f(x)$ на множестве F рациональными функциями n -го порядка величину

$$R_n(f; F) = \inf_{\substack{R_h(x) \\ h \leq n}} \max_{x \in F} |f(x) - R_h(x)|.$$

Определение. Измеримая функция $f(x)$, определенная и конечная почти всюду на отрезке $[0, 1]$, принадлежит классу $R[0, 1]$, если для произвольного $\varepsilon > 0$ найдется замкнутое множество F_ε , $\text{mes } F_\varepsilon > 1 - \varepsilon$, такое, что $f(x)$ непрерывна на нем, причем

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{R_n(f; F_\varepsilon)} = 0.$$

Справедливы следующие теоремы, показывающие, что функции класса R обладают рядом свойств, аналогичных важнейшим свойствам класса аналитических функций.

Теорема 1. Пусть функции $f(x)$ и $g(x)$ принадлежат классу $R[0, 1]$ и $f(x) = g(x)$ на множестве Δ положительной меры, принадлежащем отрезку $[0, 1]$.

Тогда $f(x) = g(x)$ почти всюду на отрезке $[0, 1]$.

Доказательство. Нетрудно видеть, что функция $u(x) = f(x) - g(x)$ принадлежит классу $R[0, 1]$, причем $u(x) = 0$ на множестве Δ , $\text{mes } \Delta > 0$; предположим, что $u(x) \neq 0$ на множестве Δ_1 , $\text{mes } \Delta_1 > 0$.

По определению существует замкнутое множество F_ε , $\text{mes } F_\varepsilon > 1 - \varepsilon$, такое, что $u(x)$ непрерывна на нем, причем

$$R_n(u; F_\varepsilon) \leq C\alpha_n^n, \quad \alpha_n \rightarrow 0 \text{ при } n \rightarrow \infty.$$

При достаточно малом ε найдутся замкнутые множества δ и δ_1 положительной меры, принадлежащие F_ε и такие, что $u(x) = 0$ при $x \in \delta$; $u(x) \neq 0$ при $x \in \delta_1$. Пусть $R_n(x)$ — рациональная функция, осуществляющая наилучшее приближение функции $u(x)$ на F_ε . Тогда

$$|u(x) - R_n(x)| \leq C\alpha_n^n, \quad \alpha_n \rightarrow 0, \quad x \in F_\varepsilon,$$

и, следовательно,

$$|R_n(x)| \leq C\alpha_n^n \quad \text{при } x \in \delta. \quad \bullet$$

Воспользуемся следующим результатом Е. Я. Ремеза (2).

Пусть $P_n(x)$ — полином степени n . Если

$$\max_{x \in E} |P_n(x)| \leq M,$$

где E — множество, принадлежащее отрезку $[a, b]$, причем $\text{mes } E \geq \theta(b-a)$, то

$$\max_{x \in [a, b]} |P_n(x)| \leq MT_n \left(\frac{2}{\theta} - 1 \right),$$

где $T_n(x)$ — полином Чебышева.

Пусть $R_n(x) = \frac{P_n(x)}{Q_n(x)}$, где $Q_n(x)$ нормирован условием $\max_{x \in \delta} |Q_n(x)| = 1$.

На множестве δ_1 найдется точка ξ_n такая, что

$$|Q_n(\xi_n)| \geq \frac{1}{R^n}, \quad R \text{ не зависит от } n. \quad (1)$$

С другой стороны, $\max_{x \in \delta} |P_n(x)| \leq C\alpha_n^n$, и, следовательно,

$$\max_{x \in \delta_1} |P_n(x)| \leq \max_{x \in [0, 1]} |P_n(x)| \leq C\alpha_n^n R_1^n, \quad R_1 \text{ не зависит от } n. \quad (2)$$

Используя (1) и (2), получаем:

$$|R_n(\xi_n)| = \left| \frac{P_n(\xi_n)}{Q_n(\xi_n)} \right| \leq C(\alpha_n R R_1)^n. \quad (3)$$

Так как $(\alpha_n R R_1)^n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, из (3) следует, что $u(\xi) = 0$, где ξ — предельная точка последовательности $\{\xi_n\}$. В то же время $\xi \in \delta_1$, т. е. $u(\xi) \neq 0$. Полученное противоречие доказывает теорему.

Замечание. В теореме 1 условие принадлежности обеих функций f и g к классу R можно было бы заменить требованием

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{R_n(u; F_\varepsilon)} = 0$$

для разности $u = f - g$.

Теорема 2. Пусть функция $f(x)$ принадлежит классу $R[0, 1]$.

Тогда почти всюду на отрезке $[0, 1]$ существует асимптотическая производная $f^{[1]}(x)$, также принадлежащая классу $R[0, 1]$.

Доказательство можно провести аналогично доказательству теоремы 2 работы (1) с соответствующими изменениями.

Из теоремы 2 непосредственно вытекает следствие.

Следствие. Функция $f(x)$, принадлежащая классу $R[0, 1]$, бесконечно асимптотически дифференцируема.

Этот результат следует также из представляющей самостоятельный интерес теоремы 3.

Теорема 3. Пусть для произвольного $\varepsilon > 0$ найдется замкнутое множество $F_\varepsilon \subset [0, 1]$, $\text{mes } F_\varepsilon > 1 - \varepsilon$, такое, что

$$R_n(f; F_\varepsilon) \leq C(\varepsilon) \frac{1}{n^{p+\delta}},$$

где p — целое, $\delta > 0$ произвольно.

Тогда функция $f(x)$ почти всюду на отрезке $[0, 1]$ имеет p -ю асимптотическую производную.

Нетривиальным примером функций, принадлежащих классу $R[0, 1]$, служат функции вида

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{x - x_n},$$

где $\{x_n\}$ — счетное, всюду плотное на $[0, 1]$ множество и

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{A_n} = 0.$$

В заключение искренне благодарю А. Н. Колмогорова и С. Н. Мергеляна за ценные советы и указания.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
13 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. А. Гончар, ДАН, 100, № 2 (1955). ² Е. Я. Ремез, Сообщ. Харьковск. матем. общ., 13, 93 (1936).

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В СЛУЧАЕ РАЗОМКНУТЫХ КОНТУРОВ ИНТЕГРИРОВАНИЯ

(Представлено академиком М. А. Лаврентьевым 11 VII 1956)

Пусть L — простая гладкая замкнутая кривая длины L и $\theta(s)$ — угол, образованный касательной к L с осью x . Везде в дальнейшем будем считать, что начало координат находится внутри L и что $\theta(s)$ как функция дуги удовлетворяет условию Гельдера H .

Лемма 1. Рассмотрим линейное нормированное пространство функций $\{x\}$, принадлежащих на L классу H с нормой $\|x\| = \left(\frac{1}{L} \int_L |x|^2 ds\right)^{1/2}$.

Оператор $Sx = \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{x(t) dt}{t - t_0}$, $t_0 \in L$, ограничен в этом пространстве.

Лемма 2. Для многочлена n -й степени $P_n(t)$ справедливы оценки:

$$|P_n(t)| < c_1 \sqrt{n} \|P_n(t)\|, \quad \left|P_n\left(\frac{1}{t}\right)\right| < c_2 \sqrt{n} \left\|P_n\left(\frac{1}{t}\right)\right\|,$$

$t \in L$, c_1, c_2 — константы, не зависящие от t и n .

Опираясь на леммы 1, 2, основную теорему заметки ⁽¹⁾ и работу ⁽²⁾, в которой доказано, что для наилучшего равномерного приближения на L верны те же оценки скорости сходимости, что и в случае окружности, можно перенести результаты заметки ⁽¹⁾ относительно приближенного решения сингулярных интегральных уравнений на случай, когда контуром интегрирования является рассматриваемая кривая L .

Рассмотрим теперь случай, когда контур интегрирования l состоит из конечного числа разомкнутых простых гладких дуг с концами c_1, c_2, \dots, c_{2s} . Для простоты рассуждений возьмем сначала характеристическое уравнение:

$$Gx \equiv A(t_0)x(t_0) + \frac{B(t_0)}{\pi i} \exp \left[\int_l \frac{x(t) dt}{t - t_0} \right] = y(t_0), \quad (1)$$

где $t_0 \in l$; A, B имеют на l p -е производные, удовлетворяющие условию (μ) , $0 < \mu < 1$, $A^2 - B^2 \neq 0$. Будем считать, что $A + B \equiv 1$ на l ; это ограничивает общности рассуждений.

1. Пусть y имеет $y^{(p)} \in H(\mu)$ и, кроме того, y и $U = \frac{1}{2\pi i} \ln D$, $D = A - B$, обладают свойствами $y^{(\nu)}(c_i) = U^{(\nu)}(c_i) = 0$, $\nu = 0, 1, \dots, p$; $i = 1, 2, \dots, 2s$. Тогда решение уравнения (1) существует, единственно и имеет p производных, обращающихся в нуль на концах. Поэтому функция $x_1(t)$, $x_1(t) = x(t)$, $t \in l$; $x_1(t) = 0$, $t \in L - l$, где L — замкнутая простая гладкая кривая, включающая l , будет иметь на L p производных, причем $y^{(p)} \in H(\mu)$. Кроме того, x_1 будет удовлетворять уравнению ⁽³⁾

$$G_1 x_1 = A(t_0) x_1(t_0) + \frac{B(t_0)}{\pi i} \int_L \frac{x_1(t) dt}{t - t_0} = y(t_0), \quad t_0 \in L, \quad (1)$$

где A, B, y продолжены на L так, что $U = y = 0$ на $L - l$. Индекс уравнения (1') равен 0. Следовательно, $\left| x_1(t) - \sum_{k=-n}^n \alpha_k t^k \right| < \frac{c_3}{n^{p+\mu-1/2}}, t \in L$, где $\{\alpha_k\}$ — решение системы

$$\begin{aligned} \sum_{k=-n}^n (G_1 t^k, G_1 t^j) \alpha_k &= (y, G_1 t^j), \quad j = 0, \pm 1, \dots, \pm n, \\ G_1 t^j &= t^j, \quad j \geq 0; \quad G_1 t^j = Dt^j, \quad j < 0; \\ (G_1 t^k, G_1 t^j) &= \frac{1}{L} \int_L G_1 t^k \overline{G_1 t^j} ds, \quad (y, G_1 t^j) = \frac{1}{L} \int_L y \overline{G_1 t^j} ds. \end{aligned}$$

Отсюда получаем:

$$\left| x(t) - \sum_{k=-n}^n \alpha_k t^k \right| < \frac{c_3}{n^{p+\mu-1/2}}, \quad t \in l.$$

2. Пусть U обладает прежними свойствами, а y имеет структуру

$$y = \sum_{i=1}^{2s} \sum_{k=1}^r \beta_{ki} (t - c_i)^{\gamma_{ki}} + y_3,$$

где β_{ki}, γ_{ki} — некоторые постоянные, причем $\operatorname{Re} \gamma_{ki} > -1$; y_3 имеет производных. Можно показать, что тогда и x имеет такую же структуру и соответствующая x функция x_3 имеет $(p-1)$ -ю производную, входящую в $H(\mu)$. Построим многочлен Эрмита ⁽⁴⁾ $Q(t)$, $Q^{(v)}(c_i) = y_3^{(v)}(c_i)$ и положим $x_1 = x - \sum_{i=1}^{2s} \sum_{k=1}^r \beta_{ki} (t - c_i)^{\gamma_{ki}} - Q(t)$. Ясно, что x_2 является решением уравнения

$$Gx_2 = y - \sum_{i=1}^{2s} \sum_{k=1}^r \beta_{ki} G(t - c_i)^{\gamma_{ki}} - GQ \equiv y_2, \quad (1)$$

которое удовлетворяет условиям п. 1, и, стало быть,

$$\left| x(t) - \sum_{i=1}^{2s} \sum_{k=1}^r \beta_{ki} (t - c_i)^{\gamma_{ki}} - Q(t) - \sum_{k=-n}^n \alpha_k t^k \right| < \frac{c_4}{n^{p+\mu-3/2}}, \quad t \in l.$$

Вычисление выражения $G(t - c_i)^{\gamma_{ki}}$ нетрудно проводить, используя следующую лемму.

Лемма 3. *Справедливо равенство*

$$\frac{1}{\pi i} \int_{\widehat{ab}} \frac{dt}{(t-c)^\gamma (t-t_0)} = \pm \frac{\operatorname{ctg} \gamma \pi}{i(t_0-c)^\gamma} + \frac{1}{\pi i} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\pm 1)^{-k-\gamma}}{\gamma+k} (b-a)^{-k-\gamma} (t_0-c)^k;$$

$\gamma \neq 0$; $0 \leq \operatorname{Re} \gamma < 1$; $t_0 \in \widehat{ab}$; знаки \pm соответствуют $c = a, b$.

3. Рассмотрим общий случай: U, y имеют p -е производные, входящие в $H(\mu)$. Построим многочлен R , $R^{(v)}(c_i) = U^{(v)}(c_i)$. Применяя формулу

Племеля — Сохоцкого $x^+ - x^- = x$, $\frac{1}{\pi i} \int_l \frac{x(t) dt}{t - t_0} = x^+ + x^-$, заметим, что решения исходной задачи могут быть получены с помощью решений задачи

$$G_2 x_1 \equiv x_1^+ - e^{2\pi i(U-R)} x_1^- = \frac{y}{\psi^+}, \quad (1''')$$

где ψ^+ является решением однородной задачи Римана $\psi^+ = e^{2\pi i R} \psi^-$, не имеющим на бесконечности полюса, по формулам: $x^+ = x_1^+ \psi^+$, $x^- = x_1^- \psi^-$, $x = x^+ - x^-$. Задачу (1''') нетрудно преобразовать к виду, рассмотренному в п. 2.

В случае общего сингулярного уравнения

$$Kx \equiv Gx + \lambda \int_l T(t, t_0) x(t) dt = y(t_0), \quad (2)$$

считая, что оператор K имеет обратный; U , y имеют p -е производные, входящие в $H(\mu)$, а $T(t, t_0)$ имеет p -ю производную по t_0 , которая как функция двух переменных входит в $H(\mu)$, поступаем следующим образом. Строим $P(t, t_0)$, $P^{(v)}(t, c_i) = T^{(v)}(t, c_i)$, и полагаем

$$T(t, t_0) = P(t, t_0), t_0 \in L - l, P(t, t_0) = \sum_{k=1}^{2s(p+1)-1} A_k(t) t_0^k. \text{ Тогда для } t_0 \in L - l$$

$$\lambda \int_l T(t, t_0) x(t) dt = \sum_{k=1}^{2s(p+1)-1} \beta_k t_0^k, \beta_k = \lambda \int_l A_k(t) x(t) dt. \text{ Строим, далее, мно-}$$

$$\text{гочлен } Q, Q^{(v)}(c_i) = y^{(v)}(c_i) - \lambda \int_l P^{(v)}(t, c_i) x(t) dt. \text{ Поступая теперь с урав-}$$

нением $Gx \equiv y - \lambda \int_l Tx dt$ так же, как в п. 3, и полагая $x_2 = x_1 - Q/\psi^+$, придем к уравнению

$$\begin{aligned} K_2 x_2 &= G_2 x_2 + \frac{\lambda}{\psi^+} \int_l (T - P) (x_2^+ \psi^+ - x_2^- \psi^-) dt = \\ &= \frac{1}{\psi^+} \left\{ y - \lambda \int_l Px dt - Q - \lambda \int_l (T - P) \left[\left(\frac{Q}{\psi^+} \right)^+ \psi^+ - \left(\frac{Q}{\psi^+} \right)^- \psi^- \right] dt \right\} - \\ &\quad - [1 - e^{2\pi i(U-R)}] \left(\frac{Q}{\psi^+} \right)^- \equiv y_2. \end{aligned}$$

Считая, что при $t_0 \in L - l$ $e^{2\pi i(U-R)} = 1$, $T(t, t_0) = P(t, t_0)$, $y_2 = 0$, и предполагая, что новое уравнение имеет единственное решение, в силу результатов работы (1) найдем

$$\left| x(t) - \left(\frac{Q}{\psi^+} \right)^+ \psi^+ + \left(\frac{Q}{\psi^+} \right)^- \psi^- - \psi^+ \sum_{k=0}^n \alpha_k t^k + \psi^- \sum_{k=-n}^{-1} \alpha_k t^k \right| < \frac{c_5 |\psi^+(t)|}{n^{p+\mu-3/2}},$$

где $\{\alpha_k\}$ — решение системы

$$\sum_j (K_{21} t^k, G_{21} t^j) \alpha_k = (y_2, G_{21} t^j), \quad j = 0, \pm 1, \dots, \pm n.$$

Легко видеть, что $\{\alpha_k\}$ получается в виде линейной комбинации величин $\{\beta_k\}$. Таким образом, в результате мы приходим лишь к следующим соотношениям:

$$\left| x(t) - \sum_{k=1}^{2s(p+1)-1} \beta_k \varphi_k - \varphi_0 \right| < \frac{c_5 |\psi^+(t)|}{n^{p+\mu-3/2}}, \quad \lambda \int_l A_k(t) x(t) dt = \beta_k.$$

Заменяя $\{\beta_k\}$ решением системы

$$\tilde{\beta}_j - \lambda \sum_{k=1}^{2s(p+1)-1} \int_i A_j \varphi_k dt \tilde{\beta}_k = \lambda \int_i A_j(t) \varphi_0(t) dt, \quad j = 1, 2, \dots, 2s(p+1) - 1,$$

получим приближенное решение исходного уравнения. Полученная при такой замене погрешность может быть учтена методом, указанным в статье.⁽⁵⁾

В случае, наиболее часто встречающемся в приложениях, когда дробная часть $U(c_i)$ $\{U(c_i)\} = \pm 1/2$, более рациональным, по-видимому, является другой подход. Рассмотрим для простоты уравнение

$$Gx \equiv A(t_0)x(t_0) + \frac{B(t_0)}{\pi i} \int_a^b \frac{x(t) dt}{t - t_0} = y(t_0), \quad (3)$$

где A, B, y удовлетворяют прежним условиям, индекс $\kappa \geq 0$, а интегрирование происходит по отрезку $[a, b]$ вещественной оси. Обозначим через $p(t)$ функцию, равную одной из четырех функций $\sqrt{(b-t)(t-a)(b-t)^{\varepsilon_1} \times (t-a)^{\varepsilon_2}}$, $\varepsilon_1, \varepsilon_2 = 0, -1$.

Лемма 4. (См. (6).) Оператор $\sigma x = \frac{1}{\pi i} \int_0^b \frac{x(t) dt}{t - t_0}$ отображает пространство $L_2(p, [a, b])$ в себя, причем $\|\sigma x\| = \|x\|$. (При $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0$ считаем $\int_0^b x(t) dt = 0$.) Рассуждая так же, как в заметке (1), и используя свойства многочленов $\{T_k\}, \{T_k^*\}$, образующих полные ортонормированные системы соответственно в пространствах $L_2(p)$ и $L_2(q)$, $q = 1/p$, получим

$$\left| x(t) - \sum_{k=\kappa}^{n+\kappa} \alpha_k q(t) T_k^*(t) \right| < \frac{1}{(b-t)^{\frac{\varepsilon_1+1}{2}} (t-a)^{\frac{\varepsilon_2+1}{2}} n^{\frac{1}{2}}} \frac{c_6}{n},$$

$$\sum_{k=\kappa}^{n+\kappa} (Gq \cdot T_k^*, Gq \cdot T_j^*) \alpha_k = (y, Gq \cdot T_j^*), \quad j = \kappa, \kappa+1, \dots, n+\kappa.$$

Здесь $Gq \cdot T_k^* = A \cdot q \cdot T_k^* + B \cdot i \cdot T_k$ ($\varepsilon_1 = -1, \varepsilon_2 = 0; \varepsilon_1 = 0, \varepsilon_2 = -1$) и $Gq \cdot T_k^* = A \cdot q \cdot T_k^* + B \cdot i \cdot T_{k\pm 1}$ ($\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = -1, 0$); коэффициентами системы являются скалярные произведения в пространстве $L_2(p)$.

Подобным образом можно решать и общее сингулярное интегральное уравнение. Приближенное решение примера 2 (7) изложенным способом дает при использовании системы трех уравнений следующий результат: подъемная сила дуги окружности $P_y = \rho \pi (a^2 - 1/12 a^4)$, что так же точно, как в (7). Однако метод М. А. Лаврентьева специально приспособлен для сингулярных интегральных уравнений первого рода и не может быть применен в общем случае.

В заключение выражаю глубокую признательность чл.-корр. АН СССР И. Н. Векуа за ряд ценных указаний и внимание к данной работе.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
30 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. В. Иванов, ДАН, 110, № 1 (1956). ² С. Я. Альпер, Изв. АН СССР, сер. матем., 9, № 6 (1955). ³ Ф. Д. Гахов, Докторская диссертация, Тбилисс. матем. инст., 1942. ⁴ В. Л. Гончаров, Теория интерполирования и приближения функций, М.—Л., 1954. ⁵ М. М. Лаврентьев, ДАН, 95, № 3 (1954). ⁶ Н. И. Ахизе, Изв. АН СССР, сер. матем., 9, № 4 (1954). ⁷ М. А. Лаврентьев, Тр. ЦАГИ, в. 118 (1932).

Н. А. КАЩЕЕВ

ТОЧНАЯ ГРАНИЦА ПРИМЕНИМОСТИ ТЕОРЕМЫ С. А. ЧАПЛЫГИНА ДЛЯ ЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 13 VII 1956)

Рассмотрим линейное дифференциальное уравнение порядка $n \geq 2$ вида

$$L[y] \equiv y^{(n)} - \sum_{i=1}^n a_i(x) y^{(n-i)} = f(x), \quad (1)$$

где коэффициенты $a_i(x)$, $i = 1, 2, \dots, n-1$, и правая часть $f(x)$ непрерывны на участке $-\infty < a \leq x \leq b < +\infty$.

Пусть $u(x)$ n раз непрерывно дифференцируемая функция сравнения, удовлетворяющая условиям

$$u^{(i)}(x_0) = y_0^{(i)}, \quad i = 1, 2, \dots, n-1, \quad (2)$$

а $y(x)$ — интеграл уравнения (1), определяемый начальными данными

$$a \leq x_0, \quad y_0, \quad y'_0, \quad \dots, \quad y_0^{(n-1)}. \quad (3)$$

Предположим, что вдоль функции сравнения $u(x)$ соблюдается дифференциальное неравенство

$$L[u(x)] - f(x) \geq 0, \quad x_0 < x \leq X. \quad (4)$$

Будем говорить, что x_k^* есть точная граница применимости теоремы С. А. Чаплыгина порядка k ⁽¹⁾ для линейного дифференциального уравнения (1) в точке x_0 , если для любой n раз непрерывно дифференцируемой функции $u(x)$, $x_0 < x \leq b$, удовлетворяющей условиям (2) и дифференциальному неравенству (4), справедливо неравенство

$$u^{(k)}(x) \geq y^{(k)}(x), \quad x_0 < x < x_k^*,$$

в то время как для сколь угодно малого $\varepsilon > 0$ существует такая n раз непрерывно дифференцируемая функция $u(x)$, удовлетворяющая условиям (2) и дифференциальному неравенству

$$L[u(x)] - f(x) \geq 0, \quad x_0 < x \leq x_k^* + \varepsilon,$$

что хоть для одного x' участка $x_0 < x \leq x_k^* + \varepsilon$ имеет место неравенство

$$u^{(k)}(x') < y^{(k)}(x').$$

Будем говорить, что теорема А. С. Чаплыгина имеет в точке x_0 неограниченную применимость, если для любой n раз непрерывно дифференцируемой функции $u(x)$, $x_0 < x \leq b$, удовлетворяющей условиям (2) и дифференциальному неравенству

$$L[u(x)] - f(x) > 0,$$

справедливо неравенство

$$u^{(k)}(x) > y^{(k)}(x), \quad x_0 < x < b.$$

Пусть $\varphi(x, \alpha)$ — функция Коши оператора (1), т. е. интеграл уравнения $L[y] = 0$, равный нулю при $x = \alpha$ вместе со своими $n - 2$ последовательными производными, а производная $n - 1$ -го порядка которого равна единице.

Теорема 1. Точная граница применимости теоремы С. А. Чаплыгина порядка k для дифференциального уравнения (1) в точке x_0 есть верхняя грань тех значений $X > x_0$, для которых производная порядка k функции Коши $\varphi_x^{(k)}(x, \alpha)$ остается неотрицательной в замкнутом треугольнике, ограниченном прямыми $\alpha = x$, $\alpha = x_0$, $x = X$.

Действительно, интеграл y уравнения (1), принимающий вместе со своими $n - 1$ последовательными производными при $x = x_0$ те же значения, что и функция $u(x)$ и ее $n - 1$ последовательных производных, имеет выражение

$$y(x) = u(x) - \int_{x_0}^x \{L[u(\alpha)] - f(\alpha)\} \varphi(x, \alpha) d\alpha;$$

поэтому имеем

$$u^{(k)}(x) = y^{(k)}(x) + \int_{x_0}^x \{L[u(\alpha)] - f(\alpha)\} \varphi_x^{(k)}(x, \alpha) d\alpha, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n - 1.$$

Если $L[u(x)] - f(x) \geq 0$ и $\varphi_x^{(k)}(x, \alpha) \geq 0$ в треугольнике, ограниченном прямыми $\alpha = x$, $\alpha = x_0$, $x = x_k$, то очевидно, что для всех значений x участка $x_0 < x \leq x_k$ будет выполняться неравенство

$$u^{(k)}(x) \geq y^{(k)}(x).$$

Пусть теперь ε — произвольное положительное число. По определению числа x_k^* в треугольнике, ограниченном прямыми $\alpha = x$, $\alpha = x_0$, $x = x_k^* + \varepsilon$, найдется точка (x', α_0) , в которой будем иметь $\varphi_x^{(k)}(x', \alpha_0) < 0$.

Очевидно, что можно подобрать такую положительную функцию $h(x)$, что интеграл $\int_{x_0}^x h(\alpha) \varphi_x^{(k)}(x, \alpha) d\alpha$ как функция от x в точке x' будет иметь отрицательное значение.

Выбрав так функцию h , обозначим через $u(x)$ интеграл уравнения

$$L[y] - f(x) = h(x),$$

удовлетворяющий начальным данным (3), и пусть y попрежнему интеграл уравнения (1), определяемый теми же начальными данными.

Теперь имеем

$$u^{(k)}(x) = y^{(k)}(x) + \int_{x_0}^x \{L[u(\alpha)] - f(\alpha)\} \varphi_x^{(k)}(x, \alpha) d\alpha = \int_{x_0}^x h(\alpha) \varphi_x^{(k)}(x, \alpha) d\alpha.$$

В точке x' участка $x_0 < x \leq x_k^* + \varepsilon$ будет иметь место неравенство $y^{(k)}(x') < y^{(k)}(x')$, что и требовалось доказать.

Заметим, что функция Коши оператора $L[y]$ имеет представление

$$\varphi(x, \alpha) = \frac{1}{(n-1)!} \int_{x_0}^x \Gamma(t, \alpha) (x-t)^{n-1} dt + \frac{(x-\alpha)^{n-1}}{(n-1)!},$$

где $\Gamma(x, \alpha)$ — разрешающее ядро для ядра

$$K(x, \alpha) = a_1(x) + a_2(x)(x-\alpha) + \dots + a_n(x) \frac{(x-\alpha)^{n-1}}{(n-1)!}$$

интегрального уравнения Вольтерра.

Это дает принципиальную возможность отыскания точной границы применимости теоремы С. А. Чаплыгина для линейного уравнения (1) о коэффициентах этого уравнения. Так например, если все коэффициенты a_k уравнения (1) неотрицательны на участке $x_0 \leq x \leq b$, то и се функции

$$\varphi_x^{(k)}(x, \alpha) = \int_{\alpha}^x \Gamma(t, \alpha) (x-t)^{n-k-1} dt + \frac{(x-\alpha)^{n-k-1}}{(n-k-1)!}$$

неотрицательны на всем треугольнике, и теорема С. А. Чаплыгина имеет неограниченное применение любого порядка $k = 0, 1, 2, \dots, n-1$.

Очевидно, что положение точки x_0^* меняется в зависимости от изменения положения точки x_0 . (Заметим, что при движении точки x_0 вправо точка x_0^* не может смещаться влево, т. е. абсцисса x_0^* есть неубывающая функция от x_0 .)

Если существует положительное число λ такое, что для любой точки x отрезка $x_0 \leq x \leq b$ и для любой функции сравнения $u(x)$ неравенство

$$L[u(x)] - f(x) > 0$$

считает за собой неравенство $u(x) > y(x)$ всюду на участке $x_0 < x \leq x_0 + \lambda$, то число λ будем называть абсолютным пределом применимости теоремы С. А. Чаплыгина к уравнению (1).

Теорема 2. Для любого линейного дифференциального уравнения существует положительный предел применимости теоремы С. А. Чаплыгина о дифференциальных неравенствах.

Точки (x, α) треугольника, ограниченного прямыми $\alpha = x$, $\alpha = x_0$, $x = b$, в которых функция Коши принимает, быть может, отрицательные значения, не могут, как это следует из свойств функции Коши, располагаться в произвольной близости от прямой $\alpha = x$.

Пусть d — расстояние до прямой $\alpha = x$ множества точек треугольника, в которых функция Коши отрицательна. Тогда число $\lambda = d\sqrt{2}$ будет абсолютным пределом применимости теоремы С. А. Чаплыгина к уравнению (1), так как в полосе между прямыми $x = \alpha$, $\alpha = x - \lambda$ функция Коши неотрицательна.

Например, для уравнения второго порядка

$$y'' + py' + qy = 0$$

постоянными коэффициентами p, q , корни характеристического уравнения которого $\mu \pm i\nu$, функция Коши имеет вид

$$\varphi(x, \alpha) = \frac{1}{\mu} e^{\mu(x-\alpha)} \sin \nu(x-\alpha).$$

Абсолютный предел применимости теоремы С. А. Чаплыгина к этому уравнению будет число $\lambda = \pi/\nu$.

Справедлива также следующая теорема сравнения, на которую указал мне Н. В. Азбелев:

*Теорема 3. Пусть непрерывные функции $q_k(x)$ удовлетворяют соотношениям $q_k(x) \leq a_k(x)$, где a_k — коэффициенты оператора $h[y]$. Пусть, далее, x_k^{**} — точная граница применимости k -го порядка для уравнения*

$$y^{(n)} - \sum_{k=1}^n q_k(x) y^{(n-k)} = f(x).$$

Тогда $x_k^ \geq x_k^{**}$.*

Поступило
7 XII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. В. Азбелев, ДАН, 89, № 4 (1953).

М. А. КРЕЙНЕС, И. А. ВАЙНШТЕЙН и Н. Д. АЙЗЕНШТАТ

О НОМОГРАФИРОВАНИИ ФУНКЦИЙ, ЗАДАННЫХ НА СЕТКЕ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 10 IX 1956)

Ниже под словом «номограмма» понимается номограмма из выравненных точек функции двух переменных. В начале статьи дается определение функции, номографируемой на сетке, и строится пример функции, заданной на сетке, возрастающей с возрастанием каждой из переменных при постоянной другой, не номографируемой, но являющейся пределом последовательности функций, номографируемых на сетке. Во второй части статьи строится пример непрерывной функции, возрастающей с возрастанием каждой из переменных при постоянной другой, не номографируемой с помощью непрерывных функций. Иногда ниже рассматриваются не сами номограммы, а образы, им двойственные; это облегчает изложение.

1. На некоторой плоскости sOt рассмотрим прямоугольник R_{st} ($s_0 \leq s \leq s_1$, $t_0 \leq t \leq t_1$) с вершинами A , B , C , D (см. рис. 1). Пусть l и m — целые положительные числа.

1) Проведем $l-1$ прямолинейных отрезков, каждый из которых соединяет точку стороны AB с точкой стороны DC так, чтобы никакие два из этих отрезков не имели общих точек. Сторону AD обозначим Y_0 , проведенные нами отрезки, считая слева направо, обозначим, соответственно X_1, X_2, \dots, X_{l-1} ; сторону BC обозначим X_l .

2) Проведем $m-1$ прямолинейных отрезков, каждый из которых соединяет точку стороны AD с точкой стороны BC так, чтобы никакие два из этих отрезков не имели общих точек. Сторону AB обозначим Y_0 ; проведенные отрезки, считая снизу вверх, обозначим, соответственно, Y_1, Y_2, \dots, Y_{m-1} ; сторону DC обозначим Y_m .

Совокупность отрезков $X_0, X_1, \dots, X_l, Y_0, Y_1, \dots, Y_m$ назовем сеткой и будем обозначать символом R_{st} так же, как исходный прямоугольник. Точку пересечения отрезка X_i с отрезком Y_j назовем узлом сетки и обозначим символом (i, j) . Под функцией, заданной на сетке, будем понимать функцию $f = f_{ij}$ двух целочисленных аргументов i и j ($i = 0, 1, \dots, l$; $j = 0, 1, \dots, m$).

Две сетки R_{st} и R_{uv} будем называть эквивалентными, если выполняются два условия: 1) число $l+1$ отрезков X_i в обеих сетках одинаково; 2) число $m+1$ отрезков Y_j в обеих сетках одинаково.

Заметим, что функция, заданная на какой-либо сетке, сразу определяется также и на любой ей эквивалентной сетке.

Линией уровня $f = c$ функции f , заданной на некоторой сетке, назовем множество тех узлов этой сетки, в которых $f_{ij} = c$. Про некоторую прямую будем говорить, что она несет линию уровня $f = c$, если все те

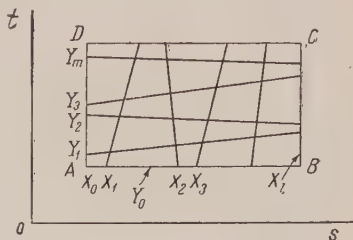


Рис. 1

узлы, из которых состоит эта линия уровня, лежат на указанной прямой.

Функцию f , определенную на сетке R_{st} , будем называть номографируемой, если на некоторой плоскости uOv существует система E прямых и сетка R_{uv} , эквивалентная сетке R_{st} такие, что: 1) число различных прямых в системе E равно числу непустых линий уровня функции f , и каждая прямая системы E несет одну непустую линию уровня функции f на сетке R_{uv} ; 2) прямые системы E , несущие различные линии уровня, внутри и на сторонах прямоугольника R_{uv} не имеют общих точек; 3) какое бы значение $f_{i_0j_0}$ функции f ни взять, прямая системы E , несущая линию уровня $f = f_{i_0j_0}$, в прямоугольнике R_{uv} отделяет множество тех узлов (i, j) , в которых $f_{ij} > f_{i_0j_0}$, от множества тех узлов, в которых $f_{ij} < f_{i_0j_0}$.

Пусть α и β — две прямые; точку пересечения этих прямых будем обозначать символом (α, β) .

Можно доказать следующее утверждение, касающееся трех пятерок прямых на плоскости.

1. Пусть 1, 2, 3, 4, 5 и 1', 2', 3', 4', 5' — две пятерки лежащих в одной плоскости прямых такие, что никакие 3 из этих 10 прямых не имеют общей точки, и пусть: 1) точки $(1, 3')$, $(2, 2')$ и $(3, 1')$ лежат на одной прямой; 2) точки $(1, 4')$, $(2, 3')$, $(3, 2')$ и $(4, 1')$ лежат на одной прямой; 3) точки $(1, 5')$, $(2, 4')$, $(3, 3')$, $(4, 2')$ и $(5, 1')$ лежат на одной прямой; 4) точки $(2, 5')$, $(3, 4')$, $(4, 3')$ и $(5, 2')$ лежат на одной прямой.

Тогда и точки $(3, 5')$, $(4, 4')$ и $(5, 3')$ лежат на одной прямой.

Нетрудно построить пример функции, определенной на прямоугольной сетке R_{xy} , возрастающей с возрастанием каждой из переменных x и y при постоянной другой и не номографируемой.

Пример 1. Пусть в квадрате $R_{xy} (0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$ плоскости xOy взята сетка так, что прямые, несущие отрезки X_i и Y_j , имеют, соответственно, уравнения: $x = \frac{i}{4} (i = 0, 1, 2, 3, 4)$ и $y = \frac{j}{4} (j = 0, 1, 2, 3, 4)$.

Для узла (i, j) положим $f_{ij} = \frac{i+j}{4}$, если (i, j) отлично от $(4, 2)$, а f_{42} возьмем не равным $\frac{6}{4}$; положим, например, $f_{42} = \frac{193}{128}$. Так определенная на сетке R_{xy} функция f в силу I, очевидно, является не номографируемой.

Рассмотрим функцию $g^{(n)} (n = 1, 2, \dots)$, значения которой во всех узлах сетки, за исключением узла $(2, 4)$, совпадают с соответствующими значениями построенной функции f , а для узла $(2, 4)$ имеем $g_{24}^{(n)} = \frac{3}{2} - \frac{1}{8n}$. Тогда ясно, что последовательность $g^{(n)}$ сходится на сетке R_{xy} (т. е. в каждом узле этой сетки) к функции f . Вместе с тем нетрудно видеть, что каждая из функций $g^{(n)} (n = 1, 2, \dots)$ номографируема.

2. В номограмме из выравненных точек некоторой функции $z = f(x, y)$ шкалы переменных x , y и z не равноправны: шкалы независимых переменных x и y должны быть приспособлены для того, чтобы по отметке, т. е. по значению соответствующей переменной, находить точку шкалы, а шкала функции z , наоборот, должна быть приспособлена для того, чтобы по точке шкалы находить отметку, т. е. значение функции.

В соответствии с этим мы будем рассматривать два типа шкал:

Шкалой первого типа (шкалой аргумента) l_t будем называть плоский непрерывный образ отрезка $P = P(t)$, $t_0 \leq t \leq t_1$. Значение t называется отметкой данной точки P .

Шкалой второго типа (шкалой функции, ответной шкалой) l_z будем называть плоское замкнутое ограниченное множе-

зо, на котором определена непрерывная функция $z = z(P)$. Значение функции $z(P)$ в данной точке называется отметкой данной точки.

Шкалу первого типа будем называть монотонной, если отображение $P = P(t)$ есть гомеоморфизм.

Номограммой $T(l_x, l_y, l_z)$ будем называть совокупность двух шкал первого типа l_x и l_y и шкалы второго типа l_z , расположенных в одной плоскости, так что удовлетворяются следующие три условия: 1) всякая прямая, пересекающая шкалы l_x и l_y («разрешающая прямая»), пересекает и шкалу l_z ; 2) через каждую точку шкалы l_z проходит по крайней мере одна разрешающая прямая; 3) все точки пересечения шкалы l_z с любой разрешающей прямой имеют одну и ту же отметку. Шкала l_z называется ответной шкалой номограммы.

Всякая номограмма $T(l_x, l_y, l_z)$, где $x_0 \leq x \leq x_1$ и $y_0 \leq y \leq y_1$, определяет в прямоугольнике $R_{xy} (x_0 \leq x \leq x_1, y_0 \leq y \leq y_1)$ некоторую функцию $z = f(x, y)$: каждой паре значений x, y ставится в соответствие одно определенное z — отметка точек пересечения шкалы l_z с разрешающей прямой, проходящей через точку шкалы l_x с отметкой x и точку шкалы l_y с отметкой y . Можно показать, что эта функция $z = f(x, y)$ непрерывна.

Если существует номограмма $T(l_x, l_y, l_z)$, определяющая в R_{xy} некоторую функцию $z = f(x, y)$, будем называть эту функцию номографируемой в R_{xy} с помощью непрерывных функций; $T(l_x, l_y, l_z)$ назовем номограммой этой функции в R_{xy} .

Будем для краткости говорить, что функция $z = f(x, y)$ монотонна по каждой из переменных в прямоугольнике R_{xy} , если она является в R_{xy} монотонной (в строгом смысле) функцией от x при постоянном y и монотонной (в строгом смысле) функцией от y при постоянном x .

Легко доказывается следующее предложение:

II. Пусть $z = f(x, y)$ — функция, монотонная по каждой из переменных x и y и номографируемая с помощью непрерывных функций в прямоугольнике $R_{xy} (x_0 \leq x \leq x_1, y_0 \leq y \leq y_1)$.

Тогда всякая номограмма функции $z = f(x, y)$ в R_{xy} удовлетворяет следующим условиям: 1) шкалы l_x, l_y и l_z попарно не пересекаются; 2) шкалы l_x и l_y монотонны; 3) всякая разрешающая прямая пересекает каждую из шкал l_x и l_y в одной точке; 4) всякая разрешающая прямая, с исключением, быть может, одной или нескольких из четырех прямых $x_0y_0, x_1y_0, x_0y_1, x_1y_1$ * пересекает шкалу l_z в одной точке; 5) для любого значения z такого, что $\min_{(x, y) \in R_{xy}} f(x, y) \leq z \leq \max_{(x, y) \in R_{xy}} f(x, y)$,

существует одна и только одна точка шкалы l_z , имеющая отметку z . Точки шкалы l_z , имеющие указанные четыре отметки, целиком располагаются, соответственно, на прямых $x_0y_0, x_1y_0, x_0y_1, x_1y_1$; 6) l_z есть сумма двух дуг — дуг A и B . Множество A есть открытая дуга, топологическое изображение которой на интервал дает как раз функцию $z(P)$. Множество B целиком расположено на прямых $x_0y_0, x_1y_0, x_0y_1, x_1y_1$, причем открыто в l_z .

Можно доказать следующее утверждение:

III. Пусть $f(x, y)$ — функция, монотонная по каждой из переменных x и y и номографируемая с помощью непрерывных функций в прямоугольнике R_{xy} , и пусть в этом прямоугольнике R_{xy} взята произвольная прямая сетка.

Тогда функция, индуцированная функцией $f(x, y)$ на этой сетке, номографируема.

* Символом $x_i y_j$ обозначается разрешающая прямая, соединяющая точку шкалы l_x с отметкой x_i ($i = 0, 1$) с точкой шкалы l_y с отметкой y_j ($j = 0, 1$).

Приведем пример функции, монотонно возрастающей по каждой из переменных, непрерывной и не номографируемой с помощью непрерывных функций.

Пример 2. Положим

$$f(x, y) = x + y + \frac{|u| - u}{4}, \quad \text{где } u = (x - 1)^2 + (y - 1/2)^2 - 1/64;$$

$$0 \leq x \leq 1; 0 \leq y \leq 1.$$

Ясно, что эта функция монотонно возрастает по каждой из переменных и непрерывна в квадрате R_{xy} ($0 \leq x \leq 1$; $0 \leq y \leq 1$). В узлах построенной в примере 1 сетки эта функция принимает те же значения, что и определенная в примере 1 функция f . Из III заключаем, что $f(x, y)$ не номографируема с помощью непрерывных функций.

Легко видеть, что для построенной в примере 2 функции $z = f(x, y)$ не существует определителя

$$\Delta(x, y, z) \equiv \begin{vmatrix} X_1(x) & X_2(x) & 1 \\ Y_1(y) & Y_2(y) & 1 \\ Z_1(z) & Z_1(z) & 1 \end{vmatrix},$$

(где функции $X_1(x)$ и $X_2(x)$ определены и непрерывны на отрезке $0 \leq x \leq 1$; $Y_1(y)$ и $Y_2(y)$ определены и непрерывны на отрезке $0 \leq y \leq 1$ и $Z_1(z)$ определены и непрерывны на отрезке $0 \leq z \leq 1$), такого, что в квадрате R_{xy} уравнение $\Delta(x, y, z) = 0$ определяет функцию $z = f(x, y)$.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
10 IX 1956

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ ГАУССА О СФЕРИЧЕСКОМ
ИЗОБРАЖЕНИИ НА СЛУЧАЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ОГРАНИЧЕННОЙ ВНЕШНЕЙ КРИВИЗНЫ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 12 VII 1956)

Одной из основных теорем классической теории поверхностей является известная теорема Гаусса о том, что интегральная внутренняя кривизна поверхности равна алгебраической площади ее сферического изображения. В настоящей заметке мы распространим эту теорему на поверхности ограниченной внешней кривизны ^(1,2).

Как показано в работе ⁽¹⁾, поверхности ограниченной внешней кривизны являются многообразиями ограниченной внутренней кривизны ⁽³⁾. Таким образом, для этих поверхностей определены понятия внешней ⁽²⁾ и внутренней ⁽³⁾ кривизн на любом множестве точек поверхности. Связь между этими кривизнами устанавливается следующими теоремами.

Теорема 1. На любом борелевском множестве H поверхности ограниченной внешней кривизны внешняя положительная кривизна равна внутренней положительной кривизне:

$$\sigma^+(H) = \omega^+(H).$$

Теорема 2. На любом борелевском множестве H поверхности ограниченной внешней кривизны отрицательная внутренняя кривизна не меньше отрицательной внешней:

$$\sigma^-(H) \leq \omega^-(H).$$

Неполнота результата в теореме 2 вызвана, по-видимому, не существом теоремы, а методом доказательства.

Для иллюстрации применяемого метода доказательства мы установим равенство полной внутренней и полной внешней кривизны малой гомеоморфной кругу области на гладкой поверхности Φ с одно-однозначным сферическим отображением.

Пусть G — малая гомеоморфная кругу область на поверхности Φ , ограниченная простой кривой γ . Существует последовательность регулярных поверхностей Φ_n , сходящихся к Φ в G вместе с касательными плоскостями такая, что положительные, отрицательные и полные внутренние кривизны Φ_n слабо сходятся к соответствующим кривизнам Φ .

Лемма. Пусть $\varepsilon > 0$. Тогда существует гомеоморфная кругу область $G' \subset G$, ограниченная простой кривой γ^* , такая, что для бесконечного множества значений n

$$|\sigma(G - G^*)| < \varepsilon, \quad |\sigma(G^*) - \sigma(G_n^*)| < \varepsilon,$$

где G_n^* — область на Φ_n , соответствующая G^* на Φ .

Доказательство. Возьмем в области G кривую γ' с нулевой площадью сферического изображения, ограничивающую гомеоморфную кругу область G' , так, чтобы $|\sigma(G - G')| < \varepsilon$. Существование такой

кривой γ' следует из полной аддитивности и ограниченности абсолютной кривизны. Тогда:

$$\sigma(\bar{G}') = \int_{\omega} q_{\bar{\gamma}'}(Y) dY, \quad \sigma(G'_n) = \int_{\omega} q_{\bar{\gamma}'_n}(Y) dY,$$

где $q_{\bar{\gamma}'}(Y)$ — степень точки Y единичной сферы ω относительно кривой $\bar{\gamma}'$ — сферического изображения γ' ; $q_{\bar{\gamma}'_n}(Y)$ — степень точки Y относительно кривой $\bar{\gamma}'_n$ — сферического изображения кривой γ'_n поверхности Φ соответствующей кривой γ' поверхности Φ (2).

Пусть $\delta(\gamma')$ и $\delta(\gamma'_n)$ — δ -окрестности кривых γ' и γ'_n . Тогда, в силу сходимости сферических отображений Φ_n к сферическому отображению

$$\int_{\omega - \delta(\bar{\gamma}'_n)} q_{\bar{\gamma}'_n}(Y) dY \rightarrow \int_{\omega - \delta(\bar{\gamma}')} q_{\bar{\gamma}'}(Y) dY.$$

При $\delta \rightarrow 0$.

$$\int_{\delta(\bar{\gamma}')} q_{\bar{\gamma}'}(Y) dY \rightarrow 0.$$

Поэтому, если найдутся сколь угодно большие n , для которых

$$\left| \int_{\delta(\bar{\gamma}'_n)} q_{\bar{\gamma}'_n}(Y) dY \right| < \varepsilon,$$

то G' и есть та область C^* , существование которой утверждается леммой.

Допустим, что лемма неверна. Тогда для всех n , начиная с некоторого, n_0 ,

$$\left| \int_{\delta(\bar{\gamma}'_n)} q_{\bar{\gamma}'_n}(Y) dY \right| \geq \varepsilon.$$

Возьмем в области G' кривую γ'' , ограничивающую область C'' , гомеоморфную кругу, и такую, чтобы $|\sigma(G - G'')| < \varepsilon$. Тогда для малого δ при достаточно большом n будем иметь:

$$\left| \int_{\delta(\bar{\gamma}''_n)} q_{\bar{\gamma}''_n}(Y) dY \right| \geq \varepsilon.$$

Аналогично строим кривые γ''' , $\gamma^{(IV)}$, ...

Возьмем теперь первые m кривых последовательности $\gamma^{(k)}$. Обозначим $\tilde{\delta}(\bar{\gamma}_n^{(k)})$ полный прообраз $\delta(\bar{\gamma}_n^{(k)})$ на Φ_n . Из одно-однозначности сферического отображения Φ следует, что множества $\tilde{\delta}(\bar{\gamma}_n^{(k)})$ при достаточно малом γ и большом n не пересекаются. Так как при больших n

$$\left| \int_{\delta(\bar{\gamma}_n^{(k)})} q_{\bar{\gamma}_n^{(k)}}(Y) dY \right| \geq \varepsilon \quad (k = 1, 2, \dots, m),$$

а левая часть неравенства не превосходит абсолютной кривизны $\tilde{\delta}(\bar{\gamma}_n^{(k)})$, то абсолютная кривизна Φ_n не меньше $m\varepsilon$, что противоречит, ввиду

произвола m , равномерной ограниченности абсолютных кривизн Φ_n . Лемма доказана.

Так как для регулярной поверхности полная внутренняя кривизна равна полной внешней, а полные внутренние кривизны G_n на Φ_n сходятся к полной внутренней кривизне G на Φ , то из леммы следует

$$\sigma(G) = \omega(G).$$

Как следствие теорем 1 и 2 получаются следующие теоремы.

Теорема 3. Для любого борелевского множества H на замкнутой поверхности ограниченной внешней кривизны

$$\sigma^+(H) = \omega^+(H), \quad \sigma^-(H) = \omega^-(H), \quad \sigma(H) = \omega(H).$$

Теорема 4. Для любого борелевского множества H достаточно малой окрестности каждой регулярной точки поверхности ограниченной внешней кривизны

$$\sigma^+(H) = \omega^+(H), \quad \sigma^-(H) = \omega^-(H), \quad \sigma(H) = \omega(H).$$

Если поверхность квазирегулярна, то эти равенства имеют место для любого H .

С помощью теорем 5 и 6 статьи (2) получаются следующие теоремы.

Теорема 5. Пусть Φ — поверхность ограниченной внешней и неотрицательной внутренней кривизны. Тогда, если край поверхности Φ лежит в плоскости, то эта поверхность выпуклая. Если поверхность Φ полчая, то она либо замкнутая выпуклая поверхность, либо бесконечная выпуклая поверхность.

Теорема 6. Поверхность ограниченной внешней кривизны, локально изометричная плоскости, имеет обычное для разгибающихся поверхностей строение с прямолинейными образующими и стационарной касательной плоскостью вдоль каждой образующей. Если поверхность полная, то она цилиндрическая.

Поступило
26 XII 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. В. Погорелов, ДАН, 89, № 3 (1953). ² А. В. Погорелов, ДАН, 111, № 4 (1956). ³ А. Д. Александров, ДАН, 60, № 9 (1948).

Д. В. САЛЕХОВ

О НОРМЕ ЛИНЕЙНОГО ФУНКЦИОНАЛА В ПРОСТРАНСТВЕ ОРЛИЧА И ОБ ОДНОЙ ВНУТРЕННЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПРОСТРАНСТВА L_p

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 11 VII 1956)

Пусть $p(u)$ ($u \geq 0$) — неубывающая непрерывная справа функция, удовлетворяющая условиям

$$\lim_{u \rightarrow +0} p(u) = 0; \quad \lim_{u \rightarrow \infty} p(u) = \infty.$$

Пусть

$$q(v) = \sup_{p(t) \leq v} t.$$

Функции $M(u)$ и $N(v)$, определенные равенствами

$$M(u) = \int_0^{|u|} p(t) dt; \quad N(v) = \int_0^{|v|} q(t) dt,$$

называют N' -функциями, дополнительными друг к другу по Юнгу. Через L_M^* и L_N^* будем обозначать, как обычно, пространства Орлича функций, определенных на множестве G конечномерного евклидова пространства (¹) (см. также (^{2,3})).

Рассмотрим линейные функционалы $l(u)$ на пространстве L_M^* , допускающие представление

$$l(u) = (u, v) = \int_G u(x) v(x) dx, \quad (1)$$

где $v(x) \in L_N^*$. Как известно, норма линейного функционала не совпадает с нормой функции $v(x)$. Пусть

$$\|v(x)\|_N = k(v) \|l\|.$$

Функционал $k(v)$ удовлетворяет (³) неравенству

$$1 \leq k(v) \leq 2.$$

В случае, когда пространство Орлича — это L_p , функционал $k(v)$ принимает постоянное значение $p^{1/p} q^{1/q}$.

Естественно возникает мысль о том, что функционал $k(v)$ принимает постоянное значение и для любого пространства Орлича. По существу такое предположение высказано в статье М. А. Красносельского и Я. Б. Рутцкого (³). Оказывается, что это предположение неверно — постоянство функционала $k(v)$ оказывается характеристическим свойством пространства L_p .

Исследование функционала $k(v)$ составляет основное содержание настоящей заметки. Отметим, что знание свойств этого функционала существенно при изучении линейных интегральных операторов, действующих

пространстве Орлича (^{4,5}). Дело в том, что при оценке норм интегральных операторов приходится учитывать оценки норм линейных функционалов, допускающих интегральное представление (1), а фактически удается оценивать лишь нормы соответствующих функций.

1. Теорема 1. *Существуют пространства Орлича L_M^* , для которых значения функционала $k(v)$ полностью заполняют интервал (1, 2).*

Доказательство проводится по следующему плану. Вводятся в рассмотрение функции

$$u_\beta(x) = \begin{cases} \beta, & \text{если } x \in G_1; \\ 0, & \text{если } x \notin G_1, \end{cases}$$

и $M^{-1}(1/\text{mes } G_1) = \beta$. Затем конструируются такие линейные функционалы $l'(u) = (u, v')$ и $l''(u) = (u, v'')$, что

$$k(v') \leq \frac{\beta}{M(\beta)} N^{-1}[M(\beta)] \leq k(v'').$$

Полагая $M(u) = (1 + |u|) \ln(1 + |u|) - |u|$ и вычисляя для этого значение

$$\beta N^{(-1)}[M(\beta)]/M(\beta)$$

и $\beta \rightarrow 0$ и $\beta \rightarrow \infty$, получаем, что среди значений $k(v)$ есть числа, сколь угодно близкие к 1 и 2. Завершение доказательства теоремы заключается в проверке непрерывности функционала $k(v)$. Заметим, что при доказательстве теоремы было использовано явное выражение нормы характеристической функции, найденное в (³).

2. Говорят (¹), что функция $M(u)$ удовлетворяет Δ_2 -условию при больших u , если найдутся такие числа k и u_0 , что

$$M(2u) \leq kM(u) \quad (2)$$

и $u \geq u_0$. Если при некотором k неравенство (2) выполняется при всех u , то, говорят, что $M(u)$ удовлетворяет Δ_2 -условию всюду.

Функция $M(u) = (1 + |u|) \ln(1 + |u|) - |u|$, использованная при доказательстве теоремы 1, удовлетворяет Δ_2 -условию при больших u .

Оказывается, что утверждение теоремы 1 не имеет места, если и $M(u)$ и $N(v)$ удовлетворяют Δ_2 -условию.

Ниже используются обозначения:

$$\rho_u = \int_G M[u(x)] dx; \quad \rho_v = \int_G N[v(x)] dx \quad (u(x) \in L_M^*; v(x) \in L_N^*).$$

Теорема 2. Пусть $M(u)$ и $N(v)$ удовлетворяют Δ_2 -условию всюду, и $\text{mes } G = \infty$, или при больших u , если $\text{mes } G < \infty$. Тогда

$$k(v) \geq 1 + \alpha > 1,$$

$$\min \left\{ \inf_{\rho_u=1} \int_G N\{\text{sign } u(x) p[|u(x)|]\} dx; \inf_{\rho_v=1} \int_G M\{\text{sign } v(x) [|v(x)|]\} dx \right\}.$$

В (³) на случай пространств Орлича обобщено известное неравенство Бадера для пространств L_p . Показано, что для функций из пространств Орлича выполняется неравенство

$$\left| \int_G u(x) v(x) dx \right| \leq \|u(x)\|_M \|v(x)\|_N \quad (u(x) \in L_M^*; v(x) \in L_N^*).$$

Теорема 2. позволяет для некоторых классов пространств Орлича улучшить более точное неравенство.

Теорема 3. Пусть $M(u)$ и $N(v)$ удовлетворяют Δ_2 -условию всюду, если $\text{mes } G = \infty$, или при больших u , если $\text{mes } G < \infty$. Тогда имеет место неравенство

$$\left| \int_G u(x) v(x) dx \right| \leq \frac{1}{1+\alpha} \|u(x)\|_M \|v(x)\|_N \quad (u(x) \in L_M^*; v(x) \in L_N^*),$$

где α определено формулой (3).

3. Перейдем к рассмотрению тех пространств Орлича, для которых $k(v) = \text{const}$.

Теорема 4. Пусть $K(v) = \text{const}$ и $\text{mes } G = \infty$. Тогда

$$M(u) = cu^r,$$

где $r > 1$.

Теорема 5. Пусть $k(v) = \text{const}$ и $\text{mes } G = \frac{1}{M(s)} < \infty$. Тогда при $u \geq u_0$

$$M(u) = cu^r \quad (r > 1),$$

где

$$M(u_0) = \max \{N[p(s)]; s\}.$$

Теорема 4 означает, что равенство $k(v) = \text{const}$ есть характеристическое свойство пространства L_p в случае $\text{mes } G = \infty$.

Если $\text{mes } G < \infty$, то известно ^(1,3), что пространство L_M^* изоморфно любому пространству $L_{M_1}^*$, где $M_1(u)$ — любая N' -функция, принимающая при больших u те же значения, что и $M(u)$. Поэтому в условиях теоремы 5 пространство L_M^* изоморфно пространству L_r . Таким образом и в случае $\text{mes } G < \infty$ равенство $k(v) = \text{const}$ можно рассматривать как характеристическое свойство пространства L_r .

Поведение функции $M(u)$ в интервале $(0, u_0)$ в случае если $\text{mes } G < \infty$ автору выяснить не удалось.

Найденные нами доказательства теорем 4 и 5 весьма громоздки. Мы отметим здесь одно промежуточное утверждение, которое представляется, как нам кажется, самостоятельным интересом.

Теорема 6. Следующие четыре утверждения эквивалентны.

1. $k(v) \equiv k$.

2. Из $\int_G M[u(x)] dx = 1$ следует $\|u(x)\|_M = k$.

3. Из $\int_G N[v(x)] dx = 1$ следует $\|v(x)\|_M = k$.

4. Совокупность функций $u(x) \in L_M^*$, для которых $\rho_u \leq 1$, совпадает с шаром радиуса k в пространстве L_M^* .

Автор выражает благодарность М. А. Красносельскому, С. Г. Крейн и А. Н. Колмогорову за внимание и советы.

Воронежский
государственный университет

Поступило
18 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. Orlicz, Bull. unter. de l'Acad. Pol., ser. A; Cracovie (1932). ² А. Зигмунд, Тригонометрические ряды, М.—Л., 1939. ³ М. А. Красносельский, Я. Рутцкий. Тр. семинара по функциональному анализу, в. 1, Воронеж (1956). ⁴ М. Красносельский, Я. Б. Рутцкий, ДАН, 85, № 1 (1952). ⁵ А. Заане, Ann. of Math., 47, № 4 (1946).

В. И. СОБОЛЕВ

О РАСЩЕПЛЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАТОРОВ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 12 VII 1956)

В некоторых работах М. А. Красносельского по теории нелинейных операторов существенно используется возможность расщепления линейного оператора в произведение двух взаимно сопряженных операторов. При этом М. А. Красносельский доказал, что линейный оператор A , определенный на $L_q(G)$ * со значениями в $L_p(G)$, $p > 2$, $p^{-1} + q^{-1} = 1$, и удовлетворяющий условиям:

- α) оператор A в L_2 самосопряженный и положительный;
- β) A является также непрерывным оператором, действующим из L_{q_1} в L_{q_1} , $1 < q_1 < q$, $p_1^{-1} + q_1^{-1} = 1$, может быть представлен в виде

$$A = BB^*,$$

где B действует из L_2 в L_p .

Если оператор A вполне непрерывен, то B также вполне непрерывный оператор.

В той же работе М. А. Красносельским был поставлен вопрос о возможности освобождения от условия β.

М. М. Вайнберг в работе (2) для случая вполне непрерывного оператора дал на этот вопрос положительный ответ, доказав соответствующую теорему. При этом он допускал, что оператор A может иметь конечное число отрицательных собственных значений.

В настоящей заметке результат М. А. Красносельского обобщается на более широкий класс пространств без предположений о выполнении условия β) и о полной непрерывности оператора A . Доказательство основывается на идеях теории полуупорядоченных пространств.

1. Пусть E — банахово пространство такое, что

$$E^* \supseteq H \supseteq E,$$

где E^* — пространство, сопряженное с E , и H — гильбертово пространство. При этом мы предполагаем, что имеет место не только теоретико-множественное включение, но и согласованность норм, т. е.

$$\|x\|_{E^*} \leq a \|x\|_H, \quad x \in H; \quad \|x\|_H \leq b \|x\|_E, \quad x \in E; \quad (1)$$

и H всюду плотно в E^* в смысле метрики этого пространства и что, если через $\{x, y\}$ обозначено значение линейного функционала $y \in E^*$ на элементе $x \in E$, то для случая когда $y \in H$,

$$\{x, y\} = (x, y), \quad (2)$$

где (x, y) — скалярное произведение элементов пространства H .

Примером пространства E может служить пространство L_p при $p > 2$.

* G — измеримое множество n -мерного евклидова пространства с конечной мерой. В дальнейшем вместо $L_p(G)$ мы будем писать просто L_p .

Пусть $A \in (E^* \rightarrow E)$, т. е. A — линейный оператор, определенный на E^* со значениями в E . Так как область значений оператора A включена в область его определения, то имеют смысл операторы A^2, A^3 и т. д. и если B — другой оператор из $(E^* \rightarrow E)$, то имеют смысл операторы AB, AA^2 и т. д.

Оператор $A \in (E^* \rightarrow E)$ будем называть самосопряженным, если для любых x и $y \in E$

$$\{Ax, y\} = \{Ay, x\}.$$

Всякий самосопряженный оператор $A \in (E^* \rightarrow E)$ порождает ограниченный и симметричный билинейный функционал

$$A(x, y) = \{Ax, y\},$$

определенный на E^* .

Обратно, если дан ограниченный симметрический билинейный функционал $B(x, y)$, $x, y \in E^*$, то он обычным образом порождает линейный ограниченный оператор B , действующий из E^* в E^{**} , и

$$B(x, y) = \{Bx, y\}.$$

Оператор $A \in (E^* \rightarrow E)$ назовем положительным, если $A \neq 0$ и $\{Ax, y\} \geq 0$ для всех $x \in E^*$. Соотношение $A \geq B$ означает, как обычно, что $A - B \geq 0$. Очевидно, что из $A \geq B$ и $C \geq D$ следует $A + C \geq B + D$, и если α — любое положительное число, то $\alpha A \geq 0$ для любого оператора $A \geq 0$.

Оператор $A \in (E^* \rightarrow E)$ можно рассматривать так же, как оператор из $(H \rightarrow H)$. Будем обозначать этот последний оператор через A^H . Тогда замечая, что $\{x, y\}$ есть непрерывная функция от совокупности переменных $x \in E$, $y \in E^*$, и учитывая, что H всюду плотно в E , получим, что условия $A \geq 0$ эквивалентно условию $A^H \geq 0$, что оператор A самосопряжен тогда и только тогда, когда самосопряжен оператор A^H , и что равенство

$$R(A, B, C, \dots) = 0,$$

где $R(A, B, C, \dots)$ — целое рациональное соотношение между операторами эквивалентно равенству

$$R(A^H, B^H, C^H, \dots) = 0.$$

Из сказанного вытекает, в частности, что $A^2 \geq 0$ для любого самосопряженного оператора $A \in (E^* \rightarrow E)$, не равного нулю.

2. Возьмем положительный самосопряженный оператор A и рассмотрим последовательность самосопряженных операторов

$$B_0 = 0, \quad B_{n+1} = B_n + \frac{1}{2}(A - B_n^2), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Переходя к операторам $(B_n^H)^2$, $n = 0, 1, 2, \dots$, будем иметь, что они образуют монотонно возрастающую последовательность, ограниченную сверху оператором A ⁽³⁾. Но и тогда операторы $(B_n)^2$ также образуют монотонно возрастающую ограниченную сверху последовательность, и по этому существует

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \{B_n^2 x, x\} = A(x),$$

а следовательно, существует и

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \{B_n^2 x, y\} = A(x, y),$$

где $A(x, y)$ — ограниченный симметрический билинейный функционал.

Так как для $x, y \in H$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (B_n^2 x, y) = (Ax, y),$$

$$A(x, y) = \{Ax, y\}$$

полю на E^* , и, следовательно:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \{B_n^2 x, y\} = \{Ax, y\}. \quad (3)$$

Рассмотрим теперь числовую последовательность $\{B_n x, y\}$ для $x \in H$ и $y \in E^*$. Несложный подсчет показывает, что

$$|\{B_n x, y\}| \leq \|A\|^{1/2} \|x\|_H \cdot \|y\|_{E^*}$$

аналогично,

$$|\{B_n x, y\} - \{B_m x, y\}| \leq \|x\|_H [\{(B_n - B_m)^2 y, y\}]^{1/2}.$$

Но из неравенства

$$B_m^2 \leq B_m B_n \leq B_n^2$$

формулы (3) получаем

$$\{B_n - B_m\}^2 y, y \rightarrow 0, \quad m, n \rightarrow \infty,$$

таким образом убеждаемся, что существует

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \{B_n x, y\} = B(x, y), \quad x \in H, y \in E^*.$$

Функционал $B(x, y)$ — ограниченный билинейный функционал, и, следовательно:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \{B_n x, y\} = \{x^*, y\}, \quad x^* \in E^{**} \subseteq H.$$

Для $y \in H$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \{B_n x, y\} = ((A^H)^{1/2} x, y),$$

мы получаем, что $(A^H)^{1/2} \in (H \rightarrow E^{**})$. Как оператор из $(H \rightarrow E^{**})$ будем обозначать $(A^H)^{1/2}$ через B . Тогда $B^* \in (E^{***} \rightarrow H)$.

Пусть $x \in E^*$, $x_n \in H$, $\|x - x_n\|_{E^*} \rightarrow 0$. Так как

$$Ax_n = A^H x_n = (A^H)^{1/2} (A^H)^{1/2} x_n = BB^* x_n,$$

в пределе будем иметь для любого $x \in E^*$

$$Ax = BB^* x.$$

Мы получим таким образом следующую теорему.

Теорема. *Всякий положительный самосопряженный оператор $B \in (E^* \rightarrow E)$, где E удовлетворяет указанным выше условиям, имеет*

расширение, действующее из E^{***} в E^{**} . Это расширение может быть представлено в виде

$$\tilde{A} = BB^*.$$

где $B^* \in (E^{***} \rightarrow H)$ и $B \in (H \rightarrow E^{**})$.

Если пространство E рефлексивно, то $\tilde{A} = A$.

В частном случае $E = L_p$, $p > 2$, мы получаем усиление результата М. А. Красносельского.

Воронежский
государственный университет

Поступило
18 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. А. Красносельский, ДАН, 82, № 3 (1952). ² М. М. Вайнберг, ДАН, 100, № 5 (1955). ³ Л. А. Люстерник, В. И. Соболев, Элементы функционального анализа, М.—Л., 1951.

А. Ф. ТИМАН

ОБОБЩЕНИЕ ОДНОЙ ТЕОРЕМЫ СТОНА

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 12 VII 1956)

Рассмотрим некоторое регулярное топологическое пространство G произвольную заданную на нем вещественную функцию $f(x)$. Через $G_a(f)$ (соответственно, $G^a(f)$) будем обозначать подпространство тех точек $x \in G$, для которых $f(x) \geq a$ (соответственно, $f(x) \leq a$), а через $a_0 = a_0(f) \leq \infty$ — нижнюю грань всех чисел a , для которых $G_a(f)$ бикомпактно.

В этой заметке устанавливается одна теорема аппроксимации, представляющая собой обобщение известной теоремы Стона ⁽¹⁾, доказанной для того случая, когда G — бикомпактное пространство (см. также ⁽²⁾).

Теорема. Пусть G — регулярное топологическое пространство и \mathcal{M} — семейство всех ограниченных и непрерывных на нем вещественных функций $f(x)$, обладающих тем свойством, что для любого действительного числа a , за исключением, быть может, некоторого одного, какое-либо из двух подпространств $G_a(f)$ или $G^a(f)$ бикомпактно *. Если D — часть \mathcal{M} , образующая относительно обычных операций сложения и умножения функций алгебраическое кольцо, в которое входят все константы и для любых двух точек $x_1 \neq x_2$ функция $f(x)$, принимающая в них разные значения, отличные от $a_0(f)$, то в смысле равномерной сходимости на G семейство D всюду плотно в \mathcal{M} .

При доказательстве мы воспользуемся тем обстоятельством, что, если какие-либо две ограниченные на G функции $f_1(x)$ и $f_2(x)$ суть пределы равномерно сходящихся последовательностей функций из D , то этим же свойством обладают функции

$$\max \{f_1(x), f_2(x)\}, \quad \min \{f_1(x), f_2(x)\}.$$

Это замечание позволяет установить следующую лемму.

Лемма 1. Для любых двух точек x_1 и x_2 пространства G существует \mathcal{M} функция $f^*(x)$ со свойствами: 1) $f^*(x) \leq 1$ всюду на G ; 2) $f^*(x_1) = 1$; 3) подпространство $G_0(f^*)$ бикомпактно и не содержит x_2 ; 4) $f^*(x)$ есть предел равномерно сходящейся последовательности функций из D .

По условию, в D существует функция $f(x)$ такая, что $f(x_2) \neq f(x_1) \neq a_0(f)$. Без ограничения общности можно считать, что $a_0(f) = 0$ и $f(x_2) > 0$. Если $f(x_1) < 0$, то при достаточно малом $\varepsilon > 0$ $f(x_1) + \varepsilon < 0$. Так как $x \in \mathcal{M}$, то $a_0(f)$ совпадает с верхней гранью всех чисел a , для которых $G_a(f)$ бикомпактно. Поэтому $G^{-\varepsilon}(f)$ бикомпактно, а если $\varphi(x) = \frac{f(x) + \varepsilon}{f(x_1) + \varepsilon}$, то бикомпактно и $G_0(\varphi)$. Кроме того, $\varphi(x_1) = 1$. Поскольку $\varphi(x_2) < 0$, то функция

$$f^*(x) = \min \{\varphi(x), 1\}$$

удовлетворяет всем условиям леммы.

* Пустое множество считается бикомпактным.

Рассмотрим тот случай, когда $f(x_1) > f(x_2) > 0$. Возьмем положительное число $\varepsilon < f(x_1) - f(x_2)$, и пусть

$$\varphi(x) = \frac{f(x) - f(x_2) - \varepsilon}{f(x_1) - f(x_2) - \varepsilon}.$$

Очевидно, что $G_0(\varphi)$ бикомпактно. Следовательно, функция $f^*(x)$ удовлетворяет всем условиям леммы.

Пусть теперь $0 < f(x_1) < f(x_2)$. Функции

$$F(x) = \min \{f(x_1) - f(x), 0\}, \quad \Phi(x) = \min \{f(x), f(x_1)\}$$

удовлетворяют условию 4) леммы 1. Следовательно, этому условию удовлетворяет также и функция

$$\psi(x) = F(x) + \Phi(x).$$

Но $\psi(x_1) = f(x_1)$, $\psi(x_2) = 2f(x_1) - f(x_2) < f(x_1) = \psi(x_1)$. Кроме того, очевидно, что если $\varepsilon < f(x_1)$, то $G_\varepsilon(\psi) \subset G_\varepsilon(f)$. Следовательно, $a_0(\psi) \leq 0$. Можно убедиться в том, что неравенство $a_0(\psi) < 0$ невозможно. В противном случае существовало бы такое $\varepsilon > 0$, что $G_{-\varepsilon}(\psi)$ было бы бикомпактно. Но так как $\psi(x) = f(x)$ всюду, где $f(x) \leq f(x_1)$, то, в силу разложения

$$G_{-\varepsilon}(\psi) = G_{f(x_1)}(f) \cdot G_{-\varepsilon}(\psi) + G^{f(x_1)}(f) \cdot G_{-\varepsilon}(\psi),$$

мы имели бы, что пересечение

$$G^{f(x_1)}(f) \cdot G_{-\varepsilon}(f) = G^{f(x_1)}(f) \cdot G_{-\varepsilon}(\psi)$$

бикомпактно, и стало быть, бикомпактным было бы

$$G^{f(x_1)}(f) = G^{f(x_1)}(f) \cdot G_{-\varepsilon}(f) + G^{f(x_1)}(f) \cdot G_{-\varepsilon}(f),$$

что противоречит равенству $a_0(f) = 0$.

Таким образом, $a_0(\psi) = 0$. Поэтому, рассуждая для $\psi(x)$ аналогично тому, как в предыдущем случае для $f(x)$, мы сможем указать функцию $f^*(x)$, удовлетворяющую всем условиям леммы.

Лемма 2. Для любого замкнутого множества $M \subset G$ и точки x_0 ему не принадлежащей, существует в \mathfrak{M} функция $F^*(x)$ со свойствами: 1) $0 \leq F^*(x) \leq 1$ всюду на G ; 2) $F^*(x) = 1$ всюду в некоторой окрестности x_0 ; 3) $F^*(x) = 0$ всюду на M ; 4) $F^*(x)$ есть предел равномерно сходящейся последовательности функций из D .

Для x_1 и любой точки $x_2 \in M$ мы можем указать функцию $f^*(x)$, удовлетворяющую всем условиям леммы 1. В силу регулярности пространства G функция $f^*(x)$ отрицательна в некоторой окрестности x_0 . Кроме того, $f^*(x) < 0$ для всех x , принадлежащих множеству $[G - G_0(f^*)] \cap M$. Рассматривая теперь любую точку x_0 бикомпактного пространства $MG_0(f^*)$ мы можем применить лемму 1 к ней и к x_1 и найти функцию $f_0^*(x)$, удовлетворяющую всем условиям этой леммы. При этом $f_0^*(x) < 0$ в некоторой окрестности x_0 . Из полученной для всех $x_0 \in MG_0(f^*)$ системы окрестностей мы выделяем конечное покрытие множества $MG_0(f^*)$. Если $f_1^*(x), \dots, f_m^*(x)$ — система функций, соответствующих выбранной системе окрестностей и удовлетворяющих лемме 1, то функция

$$\psi^*(x) = \min \{f^*(x), f_1^*(x), \dots, f_m^*(x)\},$$

удет обладать свойствами: 1) $\psi^*(x) \leq 1$; 2) $\psi^*(x_1) = 1$; 3) $\psi^*(x) < 0$ всюду на M . Остается рассмотреть функцию

$$\Phi^*(x) = \max \{\psi^*(x), 0\}$$

для некоторого положительного $\varepsilon < 1$, пользуясь регулярностью пространства G , выбрать окрестность точки x_1 , в которой $\Phi^*(x) > 1 - \varepsilon$. Тогда функция

$$F^*(x) = \frac{\min \{\Phi^*(x), 1 - \varepsilon\}}{1 - \varepsilon}$$

будет удовлетворять всем условиям леммы 2.

Лемма 2 приводит к следующему утверждению.

Лемма 3. Пусть M и Q — два произвольных замкнутых множества G , из которых по крайней мере одно является бикompактным подпространством. Тогда в \mathcal{M} существует функция $f_0(x)$ со свойствами: 1) $0 \leq f_0(x) \leq 1$ всюду на G ; 2) $f_0(x) = 0$ для всех x из M ; 3) $f_0(x) = 1$ для всех x из Q ; 4) $f_0(x)$ есть предел равномерно сходящейся последовательности функций из D .

Из леммы 3 непосредственно получаем доказательство теоремы. Пусть $f(x)$ — любая функция из \mathcal{M} . Для удобства полагаем, что $\inf_{x \in G} f(x) = 0$ и при некотором натуральном n рассматриваем множества

$G_{\frac{n}{k}}(f)$ и $G_{\frac{k}{n}}(f)$. Из условия теоремы следует, что для всех k , кроме,

быть может, одного, пусть $k = k_0$, одно из подпространств $G_{\frac{k}{n}}(f)$ или $G_{\frac{n}{k}}(f)$ бикompактно. Поэтому, в силу леммы 3, существует функция $f_k(x) \in \mathcal{M}$,

обладающая свойствами: 1) $0 \leq f_k(x) \leq 1$; 2) $f_k(x) = 0$ всюду на $G_{\frac{k}{n}}(f)$; 3) $f_k(x) = 1$ всюду на $G_{\frac{k+1}{n}}(f)$; 4) $f_k(x)$ есть предел равномерно сходя-

щейся последовательности функций из D . Очевидно, что последнему из этих свойств будет удовлетворять и функция

$$F_n(x) = \sum'_{\substack{k=1 \\ k \neq k_0}}^n f_k(x),$$

для которой при всех $x \in G$

$$|F_n(x) - f(x)| \leq \frac{2}{n}.$$

В силу произвольности n теорема доказана.

В условии теоремы предполагается, что для любых двух точек $x_1 \neq x_2$ в D существует функция $f(x)$, принимающая в них разные значения, отличные от $a_0(f)$. Очевидно, что данное требование, которое, когда G бикompактно, сводится к существованию функции $f(x) \in D$, принимающей в точках x_1 и x_2 различные конечные значения, в общем случае для справедливости теоремы необходимо. Это следует из того что, если G не бикompактно, то для любой функции $f_0(x) \in \mathcal{M}$ $a_0(f) > -\infty$, и функция $f_0(x) \in \mathcal{M}$, для которой $[f_0(x_1) - a_0(f_0)][f_0(x_2) - a_0(f_0)] \neq 0$ (если G — неограниченное конечномерное пространство с данной метрикой $\rho(x, y)$, то такой будет, например, функция $f_0(x) = \frac{1}{1 + \rho(x, x_1)}$, имеющая $a_0(f_0) = 0$), не может быть пределом равномерно сходящейся на G последовательности функций $f_n(x) \in \mathcal{M}$, если при любом $n \geq 1$ $f_n(x_1) = a_0(f_n)$.

Частным случаем доказанной теоремы является утверждение:

Для любой ограниченной непрерывной функции $f(x_1, \dots, x_m)$, заданной во всем m -мерном пространстве E_m переменных x_1, \dots, x_m , для которой $f(x_1, \dots, x_m) \rightarrow C$ при $x_1^2 + \dots + x_m^2 \rightarrow \infty$, существует последовательность непрерывных на всем E_m правильных рациональных дробей

$$R_{n_1, \dots, n_m}(x_1, \dots, x_m) = \frac{\sum_{k_1=0}^{n_1} \dots \sum_{k_m=0}^{n_m} a_{k_1, \dots, k_m} x_1^{k_1} \dots x_m^{k_m}}{\sum_{k_1=0}^{n_1} \dots \sum_{k_m=0}^{n_m} b_{k_1, \dots, k_m} x_1^{k_1} \dots x_m^{k_m}},$$

обладающих тем свойством, что

$$\sup_{-\infty < x_1, \dots, x_m < \infty} |f(x_1, \dots, x_m) - R_{n_1, \dots, n_m}(x_1, \dots, x_m)| \rightarrow 0$$

при неограниченном возрастании n_1, \dots, n_m . Случай $m=1$ подробно исследован в (3).

Днепропетровский государственный университет
им. 300-летия Воссоединения Украины с Россией

Поступило
29 XI 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ M. Stone, Trans. Am. Math. Soc., **41**, 375 (1937) ² И. М. Гельфанд, Д. А. Райков, Г. Е. Шиллов, Усп. матем. наук, **1**, 2(12) (1946). ³ С. Н. Бернштейн, Экстремальные свойства полиномов, 1937.

ХАН ХЕН ГОН

О НЕКОТОРЫХ КЛАССАХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ

(Представлено академиком П. С. Александровым 12 VII 1956)

Как известно (см. ⁽¹⁾, стр. 76; ⁽²⁾, стр. 175) в любом метрическом пространстве P при $a = \aleph_1$ все следующие шесть свойств эквивалентны между собой:

1. Вес пространства P меньше чем a .
2. Всякая вполне упорядоченная по типу $\omega(a)$ система замкнутых множеств стационарна (свойство S_a).
3. Всякая вполне упорядоченная по типу $\omega(a)$ система возрастающих замкнутых множеств стационарна (свойство S'_a).
4. Всякая система попарно непересекающихся открытых множеств имеет мощность $< a$ (отрицательная аксиома мощности $< a$).
5. Из всякого открытого покрытия можно выбрать подпокрытие мощности $< a$ ($[a, \infty]$ -компактность).
6. Из всякого открытого покрытия мощности a можно выбрать подпокрытие меньшей мощности ($[a, a]$ -компактность).

Здесь показывается, что все указанные свойства при любом фиксированном регулярном кардинальном числе a эквивалентны между собой во всяком топологическом пространстве класса T_a , определение которого сейчас будет дано.

Покрытие γ топологического пространства P назовем локально $< a$ -кратным (или, коротко, L_a -покрытием), если у каждой точки x пространства P имеется окрестность, пересекающаяся менее чем с a элементами покрытия γ . По определению, топологическое пространство P принадлежит классу T_a , если оно имеет базу открытых множеств, распадающуюся в сумму менее чем a L_a -покрытий *.

Теорема 1. Для всякого регулярного кардинального числа a в любом топологическом пространстве класса T_a все указанные в начале шесть свойств эквивалентны между собой.

Для доказательства этой теоремы нужны лишь две следующие леммы.

Лемма 1. Во всяком топологическом пространстве класса T_a , удовлетворяющем свойству 4, всякое L_a -покрытие имеет мощность $< a$ (число a регулярно).

Доказательство леммы ведется с помощью трансфинитной индукции. Пусть γ — произвольное L_a -покрытие. В первом его элементе Γ_0 (предполагается, что элементы покрытия γ занумерованы трансфинитными числами)

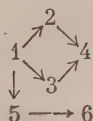
* Вместо покрытий в этом определении можно брать L_a -системы открытых множеств, так как добавляя к каждой такой L_a -системе по множеству P в качестве нового элемента, мы получим L_a -покрытие.

берется некоторая точка x_0 и некоторая ее окрестность $Ox_0 \subseteq \Gamma_0$, пересекающаяся менее чем с a элементами покрытия γ . В элементе Γ_{α_1} (с наименьшим возможным индексом), не пересекающимся с Ox_0 (если, конечно, такой элемент Γ_{α_1} существует), берется некоторая произвольная точка x_1 и некоторая ее окрестность $Ox_1 \subseteq \Gamma_{\alpha_1}$, пересекающаяся менее чем с a элементами покрытия γ . Продолжая это построение по индукции и имея в виду, что кардинальное число a регулярно, получим систему попарно непересекающихся открытых множеств Ox_λ мощности a , если само покрытие имеет мощность $\geq a$. Так как выполнено свойство 4, то мощность покрытия меньше чем a , что и требовалось доказать.

Лемма 2. Во всяком $[a, a]$ -компактном пространстве всякое L_a -покрытие имеет мощность $< a$ (число a регулярно).

Доказательство леммы следует из того, что во всяком $[a, a]$ -компактном пространстве любое обозначенное множество мощности a имеет по крайней мере одну точку полного накопления (см. (2), стр. 162). Действительно, если бы в $[a, a]$ -компактном пространстве P существовало L_a -покрытие мощности $\geq a$, то, взяв в каждом элементе Γ_λ этого покрытия по точке x_λ , мы получили бы обозначенное множество X мощности $\geq a$. Но тогда у точки полного накопления всякого обозначенного подмножества множества X , имеющего мощность a , всякая окрестность пересекалась бы не менее чем с a элементами Γ_λ покрытия γ , чего не может быть.

Доказательство теоремы 1 вытекает из того, что справедливы такие логические следования между нашими свойствами:



Из лемм 1 и 2 вытекают также и недостающие до полной эквивалентности следования $4 \rightarrow 1$ и $6 \rightarrow 1$.

Следствие. Если при фиксированном регулярном кардинальном числе a топологическое пространство P имеет базу, распадающуюся в сумму менее чем a локально-конечных покрытий (систем), то все шесть указанных в начале свойств эквивалентны.

Назовем топологические пространства, удовлетворяющие условию только что полученного утверждения, пространствами класса R_a . По метризацииной теореме Ю. М. Смирнова (3) при $a = \aleph_1$ класс R_a совпадает с классом всех метризуемых пространств.

Теорема 2. Для того чтобы нормальное пространство P принадлежало классу R_a^* , необходимо и достаточно, чтобы оно (без изменения топологии) могло быть превращено в равномерное пространство ** равномерного веса *** $< a$.

Доказательство. Пусть нам дано равномерное пространство P равномерного веса $< a$. Это значит, что в равномерной структуре Σ этого пространства P имеется конфинальная (по вписыванию покрытий) подсистема Σ' покрытий, имеющая мощность $< a$. По аксиоме СЗ (см. (5)).

* Требование регулярности числа a здесь излишне.

** См. (4), гл. 2, или (5), § 3.

*** Равномерное пространство P можно задать с помощью системы Σ покрытий данного абстрактного множества E (удовлетворяющей некоторым естественным условиям), которую называют равномерной структурой. Наименьшую из мощностей всевозможных конфинальных подсистем структуры Σ называют равномерным весом равномерного пространства P . Топологическую базу открытых множеств равномерного пространства P со структурой Σ образуют так называемые звезды точек этого пространства P относительно каждого покрытия $\gamma \in \Sigma$, т. е. суммы элементов данного покрытия γ , содержащих данную точку x .

3) в каждое покрытие γ' системы Σ' можно звездно вписать * некоторое другое покрытие. Поэтому, применяя известное построение Стона (см. (6), теорема 1), в каждое покрытие γ' системы Σ' можно вписать локально-конечное открытое покрытие γ . Нетрудно видеть, что объединение всех полученных локально-конечных покрытий даст нам базу пространства P . Следовательно, $P \in R_a$.

Обратно, пусть нормальное пространство P принадлежит классу R_a , т. е. имеет базу, распадающуюся в сумму локально-конечных покрытий γ_{λ_0} , $\lambda_0 \in \Lambda$, число которых меньше чем a . В каждое локально-конечное покрытие γ_{λ_0} в силу нормальности пространства P можно звездно вписать некоторое локально-конечное покрытие γ_{λ_1} , а в него, в свою очередь, — локально-конечное покрытие γ_{λ_2} . Повторяя эту операцию звездного вписывания, получим совокупность Σ' локально-конечных покрытий γ_{λ_n} , $\lambda \in \Lambda$, $n = 0, 1, 2, \dots$, мощности меньшей a , удовлетворяющую условию СЗ. Взяв все те покрытия пространства P , в каждое из которых можно вписать произведение ** конечного числа некоторых покрытий совокупности Σ' , мы получим систему Σ покрытий, удовлетворяющую всем аксиомам C1, C2, C3 (см. (5), § 3). Эта система Σ является равномерной структурой, задающей на P равномерное пространство равномерного веса $< a$, что и требовалось доказать.

Назовем теперь для вполне регулярного пространства P равномерным весом этого пространства наименьшее из всех трех кардинальных чисел, которые являются мощностями конфинальных частей равномерных структур пространства P . Так как в первой части доказательства теоремы 2 нормальность пространства P не применялась, то мы вправе высказать такое следствие.

Следствие. Если вполне регулярное пространство P имеет равномерный вес $< a$ (a непременно регулярно), то все шесть указанных в начале свойств эквивалентны.

Пхеньян
Корейская Народно-Демократическая Республика

Поступило
10 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ П. С. Александров, П. С. Урысон, О компактных топологических пространствах, Тр. Матем. инст. АН СССР, 31 (1950). ² Ю. М. Смирнов, Изв. АН СССР, сер. матем., 14, № 2, 155 (1950). ³ Ю. М. Смирнов, Усп. матем. наук, 6, (46), 100 (1951). ⁴ N. Bourbaki, Actualités sci. et industr., № 858 (1942). ⁵ Ю. М. Смирнов, Матем. сборн., 31 (73), 3, 543 (1952). ⁶ A. H. Stone, Bull. Am. Math. Soc., 54, № 10, 977 (1948).

* Говорят, что покрытие α звездно вписано в покрытие β , если звезда каждой точки x пространства P относительно покрытия α лежит в некотором элементе покрытия β .

** Произведением конечного числа покрытий $\alpha_1, \dots, \alpha_k$ называется покрытие, состоящее из всевозможных пересечений $A_1 \cap \dots \cap A_k$, где $A_1 \in \alpha_1, \dots, A_k \in \alpha_k$.

Г. Г. ШЛИОНСКИЙ

К ТЕОРИИ ОГРАНИЧЕННЫХ ОДНОЛИСТНЫХ ФУНКЦИЙ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 16 VII 1956)

Рассматриваются следующие классы однолистных функций: S — класс функций $f(z) = z + a_2 z^2 + \dots$, регулярных и однолистных в $|z| < 1$; S_m — подкласс функций из S , ограниченных в $|z| < 1$: $|f(z)| < M$; Σ — класс функций $F(\zeta) = \zeta + \alpha_0 + \alpha_1/\zeta + \dots$, мероморфных и однолистных в $|\zeta| > 1$; Σ_m — подкласс функций из Σ , ограниченных в $|\zeta| > 1$: $|F(\zeta)| > m$.

С помощью параметрического метода Лёвнера ⁽¹⁾ нетрудно доказать следующие теоремы.

Теорема 1. Для функций $F(\zeta) \in \Sigma_m$ при любых вещественных $\alpha_{vv'}$ ($v, v' = 1, \dots, n$; $n \geq 1$) таких, что $\sum_{v, v'=1}^n \alpha_{vv'} x_v x_{v'}$ — положительная квадратичная форма, и при любых $\zeta_v, v = 1, \dots, n$, $|\zeta_v| > 1$, имеет место оценка

$$\prod_{v, v'=1}^n \left| \frac{1 - 1/\zeta_v \overline{\zeta_{v'}}}{1 - m^2 / F(\zeta_v) \overline{F(\zeta_{v'})}} \right|^{a_{vv'}} \leq \prod_{v, v'=1}^n \left| \frac{F(\zeta_v) - F(\zeta_{v'})}{\zeta_v - \zeta_{v'}} \right|^{a_{vv'}} \leq \prod_{v, v'=1}^n \left| \frac{1 - m^2 / F(\zeta_v) \overline{F(\zeta_{v'})}}{1 - 1/\zeta_v \overline{\zeta_{v'}}} \right|^{a_{vv'}}. \quad (1)$$

Следствие 1. При $m = 0$ (1) переходит в известную оценку ⁽²⁾ для функций класса Σ .

Следствие 2. При $n = 1$, $\alpha_{11} = 1$ имеем

$$\frac{1 - 1/|\zeta_1|^2}{1 - m^2 / |F(\zeta_1)|^2} \leq |F'(\zeta_1)| \leq \frac{1 - m^2 / |F(\zeta_1)|^2}{1 - 1/|\zeta_1|^2}. \quad (2)$$

Следствие 3. Положив в (1) $n = 2$ и $\alpha_{11} = \alpha_{22} = \alpha_{12} = \alpha_{21} = 1$, а затем $\alpha_{11} = \alpha_{22} = 1$, $\alpha_{12} = \alpha_{21} = -1$ и разделив полученные неравенства почленно, приходим к точной оценке ⁽³⁾:

$$\left[\frac{(1 - 1/|\zeta_1|^2)(1 - 1/|\zeta_2|^2)}{(1 - m^2 / |F(\zeta_1)|^2)(1 - m^2 / |F(\zeta_2)|^2)} \right]^{1/2} \leq \left| \frac{F(\zeta_1) - F(\zeta_2)}{\zeta_1 - \zeta_2} \right| \leq \left[\frac{(1 - m^2 / |F(\zeta_1)|^2)(1 - m^2 / |F(\zeta_2)|^2)}{(1 - 1/|\zeta_1|^2)(1 - 1/|\zeta_2|^2)} \right]^{1/2}. \quad (3)$$

Оценка (3) может быть использована при изучении некоторых свойств ограниченных функций ⁽⁴⁾.

Теорема 2. Для функций $F(\zeta) \in \Sigma_m$ при любых комплексных $\gamma_v, \gamma_{v'}$ и

и $\zeta_{v'}$ из области $|\zeta| > 1$ ($v = 1, \dots, n$; $v' = 1, \dots, n'$; $n \geq 1$, $n' \geq 1$) имеет место оценка*

$$\left| \sum_{v=1}^n \sum_{v'=1}^{n'} \gamma_v \gamma_{v'} \log \frac{F(\zeta_v) - F(\zeta_{v'})}{\zeta_v - \zeta_{v'}} \right| \leq \left[\sum_{v, v'=1}^n \gamma_v \overline{\gamma_{v'}} \log \frac{1 - 1/\zeta_v \overline{\zeta_{v'}}}{1 - m^2 / F(\zeta_v) \overline{F(\zeta_{v'})}} \cdot \sum_{v, v'=1}^{n'} \gamma_{v'} \overline{\gamma_v} \log \frac{1 - 1/\zeta_{v'} \overline{\zeta_v}}{1 - m^2 / F(\zeta_{v'}) \overline{F(\zeta_v)}} \right]^{1/2}. \quad (4)$$

Следствие 1. При $n = n'$, $\gamma_v = \gamma'_v$, $\zeta_v = \zeta'_v$ ($v = 1, \dots, n$) имеем оценку

$$\left| \sum_{v, v'=1}^n \gamma_v \gamma_{v'} \log \frac{F(\zeta_v) - F(\zeta_{v'})}{\zeta_v - \zeta_{v'}} \right| \leq \sum_{v, v'=1}^n \gamma_v \overline{\gamma_{v'}} \log \frac{1 - 1/\zeta_v \overline{\zeta_{v'}}}{1 - m^2 / F(\zeta_v) \overline{F(\zeta_{v'})}}. \quad (5)$$

Следствие 2. Положив в (4) и (5) $m = 0$, получаем известные оценки^(5, 6) для функций класса Σ .

Теорема 3. Пусть $F(\zeta) \in \Sigma_m$ и

$$\log \frac{F(x) - F(y)}{x - y} = \sum_{v, v'=1}^{\infty} a_{vv'} x^{-v} y^{-v'}, \quad (6)$$

$$-\log \left(1 - \frac{m^2}{F(x) \overline{F(y)}} \right) = \sum_{v, v'=1}^{\infty} b_{vv'} x^{-v} \overline{y^{-v}}, \quad b_{vv'} = \overline{b_{v'v}}. \quad (7)$$

Тогда при любых комплексных x_1, \dots, x_n ; x'_1, \dots, x'_n ($n \geq 1$, $n' \geq 1$) имеет место оценка

$$\left| \sum_{v=1}^n \sum_{v'=1}^{n'} a_{vv'} x_v x'_{v'} \right| \leq \left[\left\{ \sum_{v=1}^n \frac{|x_v|^2}{v} - \sum_{v, v'=1}^n b_{vv'} x_v \overline{x_{v'}} \right\} \left\{ \sum_{v=1}^{n'} \frac{|x'_{v'}|^2}{v} - \sum_{v, v'=1}^{n'} b_{vv'} x'_{v'} \overline{x'_{v'}} \right\} \right]^{1/2}. \quad (8)$$

Следствие 1. Положив в (8) $n = n'$, $x_v = x'_v$ ($v = 1, \dots, n$), получаем

$$\left| \sum_{v, v'=1}^n a_{vv'} x_v x_{v'} \right| \leq \sum_{v=1}^n \frac{|x_v|^2}{v} - \sum_{v, v'=1}^n b_{vv'} x_v \overline{x_{v'}}. \quad (9)$$

Следствие 2. При $m = 0$, $b_{vv'} = 0$ из (8) и (9) получаются известные оценки^(7, 8) для функций класса Σ .

Теорема 4. Пусть функция $F(\zeta) = \zeta + \alpha_0 + \alpha_1/\zeta + \dots$ регулярна в области $|\zeta| > 1$, за исключением полюса при $\varepsilon = \infty$. Для того чтобы $F(\zeta) \in \Sigma_m$, необходимо и достаточно, чтобы при любых комплексных x_1, \dots, x_n при обозначениях теоремы 3 выполнялось неравенство (9).

* Здесь, как и в дальнейшем, под $\log \frac{F(x) - F(y)}{x - y}$ понимается та однозначная ветвь этой многозначной функции, которая стремится к 0 при $|x| > 1$, $|y| > 1$ и $x \rightarrow \infty$ или $y \rightarrow \infty$.

Следствие. При $m=0$ получаются необходимые и достаточные условия для того, чтобы $F(\zeta) \in \Sigma$ (ср. (9)).

Теорема 5. Для функций $f(z) \in S_M$ при любых $\gamma_{vv'}$ и $z_v, z_{v'}$ из круга $|z| < 1$ ($v=1, \dots, n$; $v'=1, \dots, n'$; $n \geq 1$, $n' \geq 1$) имеет место оценка

$$\left| \sum_{v=1}^n \sum_{v'=1}^{n'} \gamma_v \gamma_{v'} \Phi_{xy}(z_v, z_{v'}) \right| \leq \left[\sum_{v, v'=1}^n \gamma_v \gamma_{v'} \left\{ \frac{1}{(1 - z_v \overline{z_{v'}})^2} - \frac{f'(z_v) \overline{f'(z_{v'})} / M^2}{(1 - f(z_v) \overline{f(z_{v'})} / M^2)} \right\} \right]^{1/2} \times \\ \times \left[\sum_{v, v'=1}^{n'} \gamma_{v'} \gamma_v \left\{ \frac{1}{(1 - z_{v'} \overline{z_v})^2} - \frac{f'(z_{v'}) \overline{f'(z_v)} / M^2}{(1 - f(z_{v'}) \overline{f(z_v)} / M^2)} \right\} \right]^{1/2}, \quad (10)$$

$$\text{где } \Phi(x, y) = \log \frac{f(x) - f(y)}{x - y} \frac{xy}{f(x)f(y)}.$$

Следствие 1. При $M \rightarrow \infty$ получаем соответствующую оценку для функций класса S (ср. (10)).

Следствие 2. Положив в (10) $n = n'$, $\gamma_v = \gamma_{v'}$, $z_v = z_{v'}$ ($v = 1, \dots, n$), имеем:

$$\left| \sum_{v, v'=1}^n \gamma_v \gamma_{v'} \Phi_{xy}(z_v, z_{v'}) \right| \leq \sum_{v, v'=1}^n \gamma_v \gamma_{v'} \left\{ \frac{1}{(1 - z_v \overline{z_{v'}})^2} - \frac{f'(z_v) \overline{f'(z_{v'})} / M^2}{(1 - f(z_v) \overline{f(z_{v'})} / M^2)} \right\}. \quad (11)$$

Следствие 3. Положив в (10) $n = 1$, $\gamma_1 = \gamma'_1 = 1$, $z'_1 = z_2$, получаем оценку

$$\left| \frac{f'(z_1) f'(z_2)}{(f(z_1) - f(z_2))^2} - \frac{1}{(z_1 - z_2)^2} \right| \leq \left[\left\{ \frac{1}{(1 - |z_1|^2)^2} - \frac{|f'(z_1)|^2 / M^2}{(1 - |f(z_1)|^2 / M^2)^2} \right\} \left\{ \frac{1}{(1 - |z_2|^2)^2} - \frac{|f'(z_2)|^2 / M^2}{(1 - |f(z_2)|^2 / M^2)^2} \right\} \right]^{1/2}. \quad (12)$$

При $M \rightarrow \infty$ (12) переходит в оценку для функций класса S :

$$\left| \frac{f'(z_1) f'(z_2)}{(f(z_1) - f(z_2))^2} - \frac{1}{(z_1 - z_2)^2} \right| \leq \frac{1}{(1 - |z_1|^2)(1 - |z_2|^2)}. \quad (13)$$

Следствие 4. Полагая в (12) $z_1 = z_2 = z$, имеем оценку (11)

$$\frac{1}{6} | \{f, z\} | + \frac{|f'(z)|^2 / M^2}{(1 - |f(z)|^2 / M^2)^2} \leq \frac{1}{(1 - |z|^2)^2},$$

где $\{f, z\} = \left(\frac{f''(z)}{f'(z)} \right)' - \frac{1}{2} \left(\frac{f''(z)}{f'(z)} \right)^2$ — инвариант Шварца.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
12 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ K. Löwner, Math. Ann., 89, 103 (1923). ² Г. М. Голузин, Матем. сборн., 23 (65): 3 (1948). ³ И. Е. Базилевич, Матем. сборн., 28 (70), 2 (1951). ⁴ Г. Шлионский, ДАН, 92, № 2 (1953). ⁵ Г. М. Голузин, Матем. сборн., 21, (63): 1 (1947). ⁶ Н. А. Лебедев, Диссертация, ЛГУ, 1951. ⁷ Г. М. Голузин, Матем. сборн., 29 (71): 1 (1951). ⁸ M. Schiffer, Bull. Am. Math. Soc., 54, 503 (1948). ⁹ H. Grunsky, Math. Zs., 45, 29 (1939). ¹⁰ Л. И. Колбина, ДАН, 84, № 6 (1952). ¹¹ Ю. Е. Аленицын, ДАН, 102, № 5 (1955).

Член-корреспондент АН СССР Н. А. ЦЫТОВИЧ

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ СИЛ СЦЕПЛЕНИЯ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ ПО МЕТОДУ ШАРИКОВОЙ ПРОБЫ*

Важнейшим показателем механических свойств связных грунтов являются их силы сцепления, имеющие сложную природу, определяемую внутренними связями: молекулярно-контактными, цементационными, структурно-коллоидными (водно-адсорбционными) и механическими.

При действии местной нагрузки на грунт в нем возникают два противоположных процесса: процесс упрочнения и уплотнения и процесс релаксации внутренних связей — снижения величины структурного и цементационного сцепления (¹²). В зависимости от того, какой процесс в грунте будет преобладать, в нем будут иметь место деформации уплотнения или же деформации разрыхляющего пластического течения. Поэтому оценка сил сцепления пластичных грунтов, особенно обладающих значительным сопротивлением трению, имеет первостепенное практическое значение.

Применяемые в настоящее время методы опытного определения сил сцепления связных грунтов далеко не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям и часто определяют лишь весьма условные характеристики грунтов. Так, величина сцепления грунтов, определяемая по обычной диаграмме сдвига (зависимости сдвигающих напряжений от величины нормального давления, см. рис. 1) как часть полного сопротивления сдвигу, зависящая от величины внешнего давления, является лишь некоторой условной характеристикой $c = \tau_0$. Эта характеристика определяется в предположении строгой линейности зависимости τ от p , что в общем случае неверно, так как указанная линейность соблюдается лишь в определенных пределах, для участка же с небольшой величиной давлений зависимость между τ и p всегда переходит в явно криволинейную. Кроме того, с изменением уплотняющих давлений изменяется и величина сцепления связных грунтов, что не учитывается диаграммой рис. 1. Для переуплотненных же грунтов отрезок, отсекаемый прямой $\tau = f(p)$ на оси τ диаграммы сдвига, будет отвечать лишь максимальной величине сцепления грунта.

При определении сцепления связных грунтов по результатам испытаний на одноосное напряженное состояние существенное влияние на результаты испытаний оказывает дефектность поверхности образцов (особенно в опытах на растяжение), а при испытании на трехосное сжатие, несмотря на сложность проведения опытов, не обеспечивается, особенно при небольших нагрузках, точность испытаний. Изучение же расслабления сил сцепления связных грунтов во времени по всем перечисленным методам затруднительно.

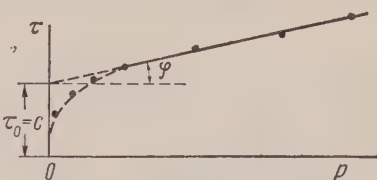


Рис. 1

* Доложено на совещании о природе прочности грунтов при Отделении технических наук АН СССР, июнь 1955 г.

Автором еще в 1947 г.¹ было предложено использовать метод шариковой пробы для определения сил сцепления пластичных мерзлых грунтов.² Как показали дальнейшие работы по развитию этого метода, связанным главным образом с гидротехническим строительством на Волге и Каме, метод шариковой пробы весьма перспективен и для исследования сил сцепления связных глинистых грунтов. Этот метод наиболее прост, теоретически хорошо обоснован и дает широкие возможности исследовать силы сцепления и их релаксацию во времени как по образцам грунта естественной структуры, так и в условиях естественного залегания грунтов.

Величина сил сцепления определяется по результатам измерения остаточной глубины вдавливания S шарового штампа диаметром D при действии на него постоянной нагрузки P .

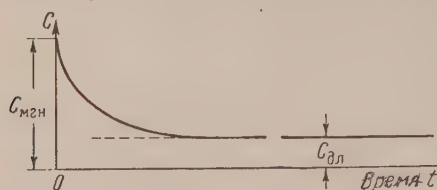


Рис. 2

Принимая, что сцепление для идеально связных тел, по Сен-Венану находится в простом соотношении с пределом прочности при сжатии, последний, как установлено многими численными исследованиями металлов, для пластичных материалов прямо пропорционален числу тверде-

сти определяемому шариковой пробой, для определения сил сцепления связных пластичных грунтов будет справедлива зависимость (1):

$$c = \alpha \frac{P}{\pi L S}, \quad (1)$$

где α — коэффициент пропорциональности. Значение коэффициента для идеально связных пластичных материалов, обладающих малым внутренним трением, базируясь на строгом решении А. Ю. Ишлинского (3) и опытах Г. П. Зайцева (4), может быть установлено равным: $\alpha = 0,176 \approx 0,18$. Для грунтов же, обладающих не только сцеплением, но и внутренним трением, как вытекает из решения задачи о предельном равновесии вязкой среды под сферическими и коническими штампами, опубликованного В. Г. Березанцевым (5), величина этого коэффициента будет меньше, причем при угле внутреннего трения, равном $\varphi = 10^\circ$, поправка равна 0,61; при $\varphi = 20^\circ$ — около 0,28 и при $\varphi = 30^\circ$ близка к 0,12. Для связных же грунтов, обладающих незначительным углом внутреннего трения (меньше $5-7^\circ$), приведенная зависимость будет с достаточной степенью точности определять величину чистого сцепления без введения каких-либо поправок т. е. при $\alpha = 0,18$.

Испытание связных глинистых грунтов с помощью шариковой пробы дает возможность изучить уменьшение сил сцепления связных грунтов при постоянной нагрузке во времени вследствие релаксации в них напряжений и определить ряд других важных характеристик: величину предельной нагрузки на грунт, параметры пластичности, коэффициент пластического боксового расширения (аналогичный коэффициенту Пуассона) и др.

На рис. 2 представлена кривая изменения во времени сил сцепления связного глинистого грунта, построенная по результатам испытания на вдавливание шариковым штампом. Уменьшение сил сцепления связных глинистых грунтов, подобное изображенному на рис. 2, обусловлено главным образом вязким сопротивлением относительному смещению твердых частиц и их агрегатов, находящихся под действием водно-адсорбционных связей, и постепенным разрушением структурных и цементационных связей грунтов.

Особо важной характеристикой для оценки несущей способности связ-

* Доложено в Институте мерзлотоведения им. В. А. Обручева АН СССР в 1947 г. и внедрено опубликованием соответствующих инструкций: рукописных в 1949 г. и печатной в 1954 г. (1).

ых грунтов является величина длительного сцепления, определяемого по замеру предельно установившейся осадки шарикового штампа, т. е. когда приращения осадок совершенно прекратятся. Практически, как показали опыты с кинельскими и юрскими глинами, часто бывает достаточным измерить величину деформации (осадку) за одни-двое суток, так как дальнейшая деформация составляет лишь несколько процентов.

По величине длительного сцепления по известным решениям, полученным для идеально пластических тел, легко вычисляется предельная нагрузка на грунт. Например, в случае плоской задачи по Прандтлю, Новоторцеву и Соколовскому ⁽⁶⁾

$$p_{\text{пред}} = (\pi + 2) c_{\text{дл}} + q, \quad (2)$$

где q — боковая пригрузка.

Отметим, что формула (2) была рекомендована нами для определения предельной нагрузки на пластичные мерзлые грунты еще в 1937 г. ⁽⁸⁾.

Как показано нами совместно с С. С. Вяловым в докладе на Совещании о природе прочности грунтов (1955 г.), формулы для идеальновязных грунтов (при $\varphi = 0$), подобные приведенной выше, имеют и более общее значение, позволяя определять предельную нагрузку и на вязные грунты, обладающие не только сцеплением, но и трением, если результаты шариковой пробы рассматривать как комплексную характеристику.

Между диаметром отпечатка d шарового штампа и величиной внешней нагрузки на шарик P , как известно ^(9,10), существует соотношение

$$P = ad^n, \quad (3)$$

где a — параметр пластичности и n — коэффициент упрочнения, характеризующий способность материала к упрочнению.

Величины параметров a и n можно определить по результатам нескольких опытов на вдавливание шарового штампа при разной нагрузке по графику зависимости $\lg P$ от $\lg d$, пользуясь тем, что в логарифмическом масштабе эта зависимость представляется прямой (рис. 3), или же аналитически, если известен диаметр d хотя бы двух отпечатков на образце вязного грунта при различных давлениях P_1 и P_2 . Например, коэффициент упрочнения n будет равен:

$$n = \frac{\lg (P_1 / P_2)}{\lg (d_1 / d_2)}. \quad (4)$$

Если известен коэффициент упрочнения n , то, как показано И. И. Черкасским ⁽¹¹⁾, коэффициент пластического бокового расширения μ , аналогичный коэффициенту Пуассона для упругих тел, однозначно определяется выражением

$$\mu = 0,25 + 0,25 (n - 2)^{1/2}. \quad (5)$$

Таким образом, применение метода шариковой пробы к исследованию вязных грунтов дает возможность определить ряд их механических характеристик, главной из которых будет величина длительного сцепления.

Отметим, что, как показала статистическая обработка результатов нескольких серий наших совместно с И. З. Захаровым опытов, поставленных Научно-исследовательским сектором Гидропроекта в Центральной лаборатории физики и механики грунтов Института мерзлотоведения им. В. А. Обручева, величина длительного сцепления кинельских и других пластичных глин, определяемая шариковой пробой, практически совпадает величиной полного длительного сопротивления этих грунтов сдвигу, что

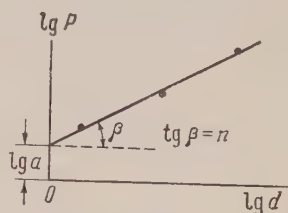


Рис. 3

имеет большое принципиальное значение для однозначного установления предельных нагрузок на идеально связные глинистые грунты как основания для сооружений.

Институт мерзлотоведения
им. В. А. Обручева
Академии наук СССР

Поступило
16 II 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. А. Цытович, Материалы по лабораторным исследованиям мерзлых грунтов, Сборн. 2, Изд. АН СССР, 1954. ² С. С. Вялов, Н. А. Цытович, ДАН, 104, № 1 (1955). ³ А. Ю. Ишлинский, Прикл. матем. и мех., 8, № 3 (1944). ⁴ Г. П. Зайцев, Зав. лаб., № 6 (1949); № 4 (1951). ⁵ В. Г. Березанцев, Изв. АН СССР, ОТН, № 7 (1955). ⁶ В. В. Соколовский, Статика сыпучей среды, 1954. ⁷ В. Г. Березанцев, Осесимметричная задача теории предельного равновесия сыпучей среды, 1952. ⁸ Н. А. Цытович, М. И. Сумгин, Основания механики мерзлых грунтов, Изд. АН СССР, 1937. ⁹ Г. П. Зайцев, Сборн., посвящ. 70-летию акад. А. Ф. Иоффе, 1950. ¹⁰ Я. Б. Фридман, Механические свойства металлов, 1952. ¹¹ И. И. Черкасцов, ЖТФ, 22, в. 11 (1952). ¹² С. С. Вялов, ДАН, 104, № 6 (1955).

Г. Л. ГРОДЗОВСКИЙ*

АВТОМОДЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ГАЗА ПРИ СИЛЬНОМ ПЕРИФЕРИЙНОМ ВЗРЫВЕ

(Представлено академиком Л. И. Седовым 25 VII 1956)

Аналогично исследованной Л. И. Седовым ⁽¹⁾ задаче о сильном взрыве в центре симметрии покоящегося газа, можно рассмотреть автомодельное течение при сильном периферийном взрыве, вызывающем движение мощной ударной волны к центру симметрии покоящегося газа плотности ρ_1 (давление покоящегося газа p_1 принимается пренебрежимо малым по сравнению с давлением за ударной волной p_2).

Если E — характерная энергия взрывов, то единственной безразмерной переменной комбинацией определяющих параметров будет

$$\lambda = \frac{E}{\rho_1} \frac{t^2}{r^{2+\nu}}, \quad (1)$$

где r — линейная координата; t — время; $\nu = 1, 2, 3$, соответственно, для плоского, цилиндрического и сферического течения. При этом между поверхностями $\lambda = \text{const}$ количество энергии постоянно. Положению ударной волны r_2 соответствует определенное постоянное значение параметра $\lambda_2 = \frac{E}{\rho_1} \frac{t^2}{r_2^{2+\nu}}$; соответственно, скорость распространения ударной волны c равна:

$$c = \frac{2V\lambda_2\rho_1/E}{(2+\nu)r_2^{\nu/2}} = \frac{2}{2+\nu} \frac{r_2}{t}. \quad (2)$$

Движению ударной волны к центру симметрии покоящегося газа ($c > 0$) соответствует область изменения t от $-\infty$ до 0 ⁽²⁾. С приближением к центру скорость ударной волны резко возрастает ⁽²⁾, соответственно растут давление p_2 , скорость v_2 и температура газа T_2 за ударной волной:

$$p_2 = \frac{2}{\kappa+1} \rho_1 c^2; \quad v_2 = \frac{2}{\kappa+1} c; \quad p_2 = \frac{\kappa+1}{\kappa-1} p_1,$$

т. е.

$$T_2 \sim \frac{1}{r_2^\nu}.$$

Течение газа за ударной волной определяется решением Л. И. Седова ⁽¹⁾. В плоскости V, z , $\left(v = \frac{r}{t} V; \rho = \rho_1 R; p = \frac{\rho_1 r^2}{t^2} P; z = \frac{\kappa p}{R}\right)$ через точку

$V_2 = \frac{4}{(\kappa+1)(\nu+2)}$, $z_2 = \frac{8\kappa(\kappa+1)}{(\kappa+1)^2(\nu+2)^2}$ проходит интегральная кривая

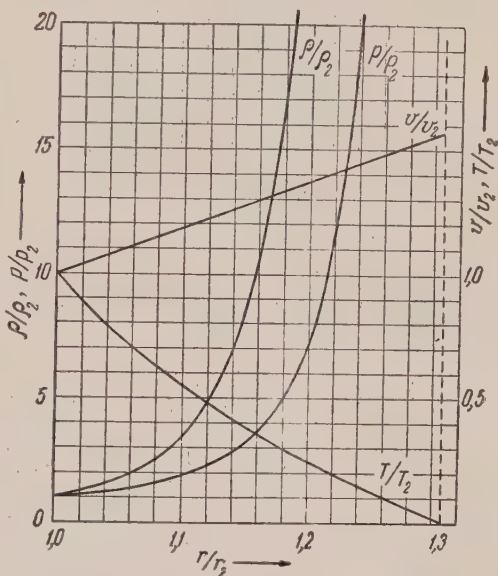


Рис. 1. Плоский случай

$z = \frac{(\kappa - 1) V^2 \left(V - \frac{2}{2 + \nu} \right)}{2 \left[\frac{2}{(2 + \nu) \kappa} - V \right]}$; рассматриваемому нами течению соответствует участок интегральной кривой от $\bar{\Gamma}(V_2, z_2)$ до $\left(\frac{2}{2 + \nu}, 0 \right)$. Расчетные фор-

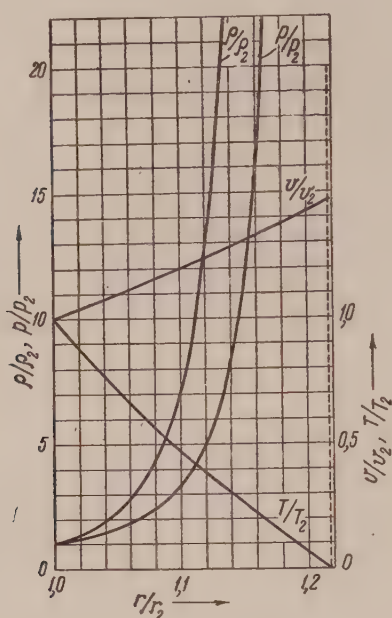


Рис. 2. Цилиндрический случай

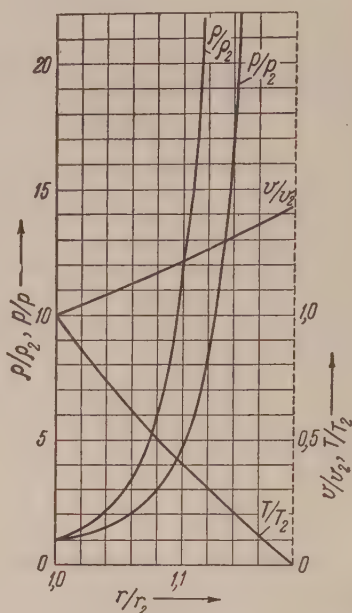


Рис. 3. Сферический случай

мулы те же, что и в задаче о сильном взрыве (1). Например, при цилиндрической симметрии

$$\lambda = (1 + \kappa)^4 \left(\frac{1 - \kappa}{\pi \kappa} \right)^{2(\kappa - 1)/\kappa} V^2 (1 - \kappa V)^2 (1 - 2\kappa V)^{-2(\kappa - 1)/\kappa}, \quad (3)$$

$$R = \frac{\kappa + 1}{\kappa - 1} \left[\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1} (2\kappa V - 1) \right]^{1/\kappa} [(\kappa - 1)(1 - \kappa V)]^{2/(2 - \kappa)} (1 - 2V)^{-2/(2 - \kappa)}. \quad (4)$$

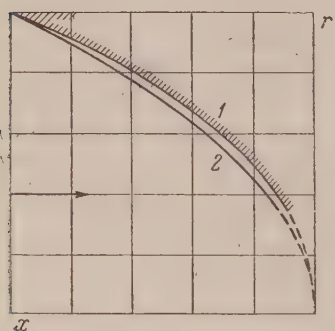


Рис. 4. 1 — контур тела; 2 — ударная волна

На рис. 1, 2 и 3 приведены результаты расчета профилей скорости, плотности, давления и температуры, соответственно для плоского, цилиндрического и сферического случаев при $\kappa = 1,4$. Область автомодельного течения заключена между ударной волной и внешней границей радиуса r_k ; в плоском случае $r_k/r_2 = 1,307$, в цилиндрическом случае $r_k/r_2 = 1,218$, в сферическом случае $r_k/r_2 = 1,187$ (при $\kappa = 1,4$).

На внешней границе r_k скорость течения газа и скорость движения границы совпадают; такое течение может быть получено, например, при движении полого поршня, стягивающегося к центру по закону

$$r_k = (Et^2 / \rho_1 \lambda_k)^{1/(2 + \nu)}.$$

Рассмотренное цилиндрическое течение может быть использовано для определения стационарного обтекания соответствующего тонкого тела

ращения (с протоком) при больших сверхзвуковых скоростях (см. например, (4)). На рис. 4 приведен контур такого тела, вызывающий параболическую ударную волну $x = kr^2$.

Центральный аэро-гидродинамический институт
им. Н. Е. Жуковского

Поступило
15 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. И. Седов, Прикл. матем. и мех., 10, в. 2 (1946). ² Л. И. Седов, Методы подобия и размерности в механике, изд. 3-е, 1954. ³ К. П. Станюкович, Неустойчивые движения сплошной среды, 1955. ⁴ Г. М. Бам-Зеликович, А. И. Унимонович, М. П. Михайлова, Теоретическая гидромеханика, Сборн. ст. № 4, 1949.

М. И. РОЗОВСКИЙ

ПОЛУСИМВОЛИЧЕСКИЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ НАСЛЕДСТВЕННОЙ УПРУГОСТИ

(Представлено академиком Н. И. Мусхелишвили 3 V 1956)

Процесс деформирования во времени упруго-наследственной среды будем называть сложным, если он не может быть описан с помощью конечного числа параметров, зависящих только от времени. Это будет иметь место в том случае, когда известное решение соответствующей упруго-мгновенной задачи не может быть представлено в виде суммы произведений координатных множителей на рациональные функции упругих постоянных. Известны решения трех задач (о деформации шара) ⁽¹⁻³⁾ соответствующих последнему случаю, две из которых решены символическим способом Вольтерра ^(1,2), требующим предварительного введения новой специальной функции, зависящей от координат и времени.

Полусимволический способ, который будет предложен ниже, не требует предварительного введения специальной функции. Покажем его в применении к задачам наследственной упругости, приводящихся к решению интегро-дифференциального уравнения

$$\frac{\partial^m y}{\partial x^m} + \alpha^2 y(x, t) = f(x) + \int_0^t \psi(t, \tau) \frac{\partial^m y}{\partial x^m} d\tau + \alpha^2 \int_0^t \varphi(t, \tau) y(x, \tau) d\tau, \quad (1)$$

где y — неизвестная функция x и t ; α , $f(x)$ и коэффициенты наследственности $\varphi(t, \tau)$ и $\psi(t, \tau)$ заданы. При $m=4$ уравнение (1) обобщает дифференциальное уравнение А. Н. Крылова балки на упругом основании; при $m=4$ и частном виде $f(x)$ уравнение (1) описывает деформацию замкнутого цилиндрического резервуара; при $m=2$ и $\varphi(t, \tau) \equiv 0$ это уравнение отображает изменение продольного изгиба стержня с учетом наследственности.

Упомянутые частные виды уравнения (1), а также другие легко выводятся непосредственно, исходя из соответствующих физических соотношений Вольтерра ⁽⁴⁾.

Для дальнейшего необходимо уравнение (1) преобразовать так, чтобы оно содержало лишь одно ядро. Обозначим

$$y(x, t) - \int_0^t \varphi(t, \tau) y(x, \tau) d\tau = \omega(x, t). \quad (2)$$

Тогда из (2) следует

$$y(x, t) = \omega(x, t) + \int_0^t R(t, \tau) \omega(x, \tau) d\tau, \quad (3)$$

где $R(t, \tau)$ — резольвента ядра $\varphi(t, \tau)$.

Подставляя (3) в уравнение (1), получим

$$\frac{\partial^m \omega}{\partial x^m} + \alpha^2 \omega = f(x) + \int_0^t K(t, \tau) \frac{\partial^m \omega}{\partial x^m} d\tau, \quad (4)$$

$$K(t, \tau) = \psi(t, \tau) + \int_{\tau}^t \psi(t, s) R(s, \tau) ds.$$

Вводя интегральный оператор Вольтерра $\dot{K}y = \int_0^t K(t, \tau) y(\tau) d\tau$, представим интегро-дифференциальное уравнение (4) в символическом виде

$$\frac{\partial^m \omega}{\partial x^m} + \frac{\alpha^2}{1 - \dot{K}} \omega = \frac{f(x)}{1 - \dot{K}}. \quad (5)$$

Полагая $\partial^m \omega / \partial x^m = u(x, t)$, получим

$$\omega = \frac{1}{(m-1)!} \int_0^x (x - \xi)^{m-1} u(\xi, t) d\xi + \sum_{i=0}^{m-1} c_i(t) x^i, \quad (6)$$

где $c_i(t)$ — произвольные функции времени.

Учитывая последнее, приведем уравнение (5) к уравнению

$$u(x, t) + \frac{\alpha^2}{1 - \dot{K}} \left[\frac{1}{(m-1)!} \int_0^x (x - \xi)^{m-1} u(\xi, t) d\xi + \sum_{i=0}^{m-1} c_i(t) x^i \right] = \frac{f(x)}{1 - \dot{K}}. \quad (7)$$

Уравнение (7) по отношению к u является интегральным, поскольку оператор $1 / (1 - \dot{K})$ пока считается постоянным коэффициентом. Решение уравнения (7) будем искать в виде ряда

$$u(x, t) = u_0(x, t) + \sum_{n=1}^{\infty} u_n(x, t).$$

Тогда придем к следующим рекуррентным формулам:

$$u_0(x, t) = (1 - \dot{K})^{-1} \left[f(x) - \alpha^2 \sum_{i=0}^{m-1} c_i(t) x^i \right],$$

$$u_n(x, t) = - \frac{\alpha^2 (1 - \dot{K})^{-1}}{(m-1)!} \int_0^x (x - \xi)^{m-1} u_{n-1}(\xi, t) d\xi \quad (n = 1, 2, 3, \dots).$$

Введем обозначения:

$$\Phi_0(x) = f(x),$$

$$\Phi_n(x) = \int_0^x (x - \xi_1)^{m-1} d\xi_1 \int_0^{\xi_1} (\xi_1 - \xi_2) d\xi_2 \dots \int_0^{\xi_{n-1}} (\xi_{n-1} - \xi_n) f(\xi_n) d\xi_n,$$

$$I_{i, n}(x) = \int_0^x (x - \xi_1)^{m-1} d\xi_1 \int_0^{\xi_1} (\xi_1 - \xi_2) d\xi_2 \dots \int_0^{\xi_{n-1}} (\xi_{n-1} - \xi_n) \xi_n^i d\xi_n$$

$$(i = 0, 1, 2, \dots, m-1).$$

Тогда получим

$$u_n(x, t) = \frac{(-1)^n \alpha^{2n}}{(m-1)! (1 - \dot{K})^{n+1}} \left[\Phi_n(x) - \alpha^2 \sum_{i=0}^{m-1} I_{i, n}(x) c_i(t) \right]. \quad (8)$$

Для перехода в (8) от символической формы к явной выполним разложение

$$\frac{c_i(t)}{(1-\dot{K})^{n+1}} \sum_{v=0}^{\infty} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+v)}{v!} \dot{K}^v c_i(t). \quad (9)$$

В соотношении (9) символ $\dot{K}^v c_i(t)$ имеет следующий смысл:

$$\begin{aligned} \dot{K}^v c_i(t) &= \int_0^t K(t, \tau_1) d\tau_1 \int_0^{\tau_1} K(\tau_1, \tau_2) d\tau_2 \dots \int_0^{\tau_{v-1}} K(\tau_{v-1}, \tau_v) c_i(\tau_v) d\tau_v = \\ &= \int_0^t K_v(t, \tau) c_i(\tau) d\tau, \quad \dot{K}^0 c_i(t) = c_i(t), \end{aligned} \quad (10)$$

где $K_v(t, \tau)$ — v -е повторное ядро исходного ядра $K(t, \tau)$.

Принимая во внимание указанное выше, получим

$$\begin{aligned} u &= \Phi_0(x) \lambda(t) + \frac{1}{(m-1)!} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \alpha^{2n} \Phi_n(x) \sum_{v=0}^{\infty} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+v)}{v!} F_v(t) - \\ &- \alpha^2 \sum_{i=0}^{m-1} \left[q_i(x) c_i(t) - \int_0^t R_i(t, \tau; x) c_i(\tau) d\tau \right], \end{aligned} \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned} q_i(x) &= x^i + \frac{1}{(m-1)!} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \alpha^{2n} I_{i,n}(x), \quad R_i(t, \tau; x) = -x^i L(t, \tau) + \\ &+ \frac{1}{(m-1)!} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \alpha^{2n} I_{i,n}(x) \sum_{v=1}^{\infty} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+v)}{v!} K_v(t, \tau); \end{aligned} \quad (12)$$

$F_v(t) = \dot{K}^v 1$ определяется из соотношения (10) при $c_i(t) \equiv 1$; $\lambda(t) = 1 + \int_0^t L(t, \tau) d\tau$, где $L(t, \tau)$ — резольвента ядра $K(t, \tau)$. Легко убедиться, что при $|f(x)| \leq A$, $|K(t, \tau)| \leq h$ и $|c_i(t)| \leq c$, где h , A и c — некоторые постоянные, имеет место оценка $|u_n| < A c h^{n+1} z^n / n!$, где $z = \max \{\alpha^2, x, t\}$. Поэтому ряды, фигурирующие в (11), сходятся равномерно. Подставляя (11) в (6) и далее в (3), получим

$$\begin{aligned} y &= \frac{1}{(m-1)!} \left[\Phi_1(x) \lambda(t) + \frac{1}{(m-1)!} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \alpha^{2n} \Phi_{n+1}(x) \theta_n(t) \right] - \\ &- \frac{\alpha^2}{(m-1)!} \sum_{i=0}^{m-1} \left[p_i(x) c_i(t) + \int_0^t P_i(t, \tau; x) c_i(\tau) d\tau \right], \end{aligned} \quad (13)$$

где $p_i(x) = x^i q_{i,1}(x)$; $P_i(t, \tau; x) = [1 + q_{i,1}(x)] R(t, \tau) - \int_{\tau}^t R(t, s) R_{i,1}(t, s; x) ds - R_{i,1}(t, \tau, x)$; $\theta_n(t) = \sum_{v=0}^{\infty} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+v)}{v!} \left[F_v(t) + \int_0^t R(t, \tau) F_v(\tau) d\tau \right]$

$q_{i,1}(x)$ и $R_{i,1}(t, \tau, x)$ получаются из формул (12) в результате замены в них x^i и $I_{i,n}$ соответственно на $I_{i,1}$ и $I_{i,n+1}(x)$. В том, что (13) удовлетворяет уравнению (1), можно убедиться непосредственной подстановкой. Для практического применения соотношения (13) полезно выразить произвольные функции $c_i(t)$ через начальные параметры

Пользуясь соотношениями (6) и (2), получим

$$c_i(t) = \frac{1}{i!} \left[y_{0,i}(t) - \int_0^t \varphi(t, \tau) y_{0,i}(\tau) d\tau \right], \quad (14)$$

$$y_{0,0} = y(0, t), \quad y_{0,i} = d^i y(0, t) / dx^i \quad (i = 0, 1, 2, \dots, m-1).$$

Подставляя в (13) вместо $c_i(t)$ их выражение из (14), получим решение уравнения (1), зависящее от начальных параметров $y_{0,i}$. Значения $y_{0,i}$ для произвольного момента времени могут быть заданы непосредственно. Так можно поступить, например, при решении задачи о продольном изгибе стержня, нижний конец которого зажат, а верхний оперт. Здесь $m = 2$, $\varphi(t, \tau) \equiv 0$, $K(t, \tau) = \psi(t, \tau)$, $\psi(t, \tau) = Q(x-l)$, $y_{0,i} = 0$ ($i = 0, 1$).

Принимая для конкретности $\psi(t-\tau) = a(t-\tau)^{\beta-1}$, $a > 0$, $0 < \beta < 1$ коэффициент наследственности, предложенный Дюфингом⁽⁵⁾, исходя из экспериментов, получим

$$= \frac{Q}{B} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \left(\frac{P}{B} \right)^{n-1} \frac{x^{2n} [x - (2n+1)l]}{(2n+1)!} \sum_{v=1}^{\infty} \frac{n(n+1) \dots (n+v-1)}{v! \Gamma(v\beta+1)} k^v l^{v\beta}, \quad (15)$$

l — длина стержня; P — осевая сжимающая сила; Q — горизонтальная реакция опоры на верхний конец стержня, B — мгновенная жесткость; $k = a\Gamma(\beta)$.

Полагая в (15) $x = l$ и учитывая, что $y(l, t) = 0$, получим уравнение для определения критической силы $P_{кр}(t)$.

В более сложных случаях $y_{0,i}$ определяется последовательно из системы алгебраических уравнений, получаемых исходя из соответствующих граничных условий. Последнее будет иметь место, например, при решении задачи о деформации замкнутого цилиндрического резервуара, находящегося под гидростатическим давлением, с учетом наследственности (ползучести). Здесь $m = 4$ и $f(x)$ — линейная функция x .

В заключение заметим, что в статье⁽³⁾ мы рассматривали радиальную деформацию полой сферы, обладающей анизотропией и упругим следствием (наследственностью). Вопрос был сведен к рассмотрению уравнения

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial u}{\partial z} - B_1 u = \int_0^t K_1(t, \tau) u(z, \tau) d\tau \quad (B_1 = \text{const}), \quad (16)$$

решение которого было найдено способом, принципиально отличным от предложенного в настоящей работе.

Полагая в уравнении (16) $u = v \exp(-1/2 z)$, получим

$$\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - \left(\frac{1}{4} + B_1 \right) v = \int_0^t K_1(t, \tau) v(z, \tau) d\tau. \quad (17)$$

Уравнение (17) является частным случаем интегро-дифференциального уравнения (1). Следовательно, пользуясь полученными выше результатами, можно образовать также решение задачи, рассмотренной в⁽³⁾.

Днепропетровский горный институт
им. Артема

Поступило
27 I 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ V. Volterra, Leçons sur les fonctions de lignes, Paris, 1913. ² Ю. Н. Работнов, Прикл. матем. и мех., 12, в. 1 (1948). ³ М. И. Розовский, ДАН, 105, № 5 (1948). ⁴ М. И. Розовский, Изв. АН СССР, ОТН, № 5 (1948). ⁵ G. Duffing, Z. sch., 2, № 3, 99 (1931).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. П. МАСЛОВ

**МЕТОД ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ ОТЫСКАНИЯ СПЕКТРА
ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ С МАЛЫМ
ПАРАМЕТРОМ ПРИ СТАРШЕЙ ПРОИЗВОДНОЙ**

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 24 VIII 1956)

Пусть $\{A_k\}$ последовательность самосопряженных операторов с дискретным спектром, сильно сходящаяся к самосопряженному оператору A с непрерывным спектром.

Если $\psi_k^{(1)}$ и $E_k^{(1)}$ — асимптотики собственных функций и собственных значений операторов A_k при больших k , то первая поправка к асимптотике собственных значений может быть выражена, как в обычной теории возмущений, в виде

$$\frac{(\psi_k^{(1)}, A_k \psi_k^{(1)})}{(\psi_k^{(1)}, \psi_k^{(1)})} - E_k^{(1)}.$$

Покажется, это будет справедливо в случае, когда $\psi_k^{(1)}$ принадлежит к области определения A_k , а $E_k^{(1)}$ (собственное значение в первом приближении) не вырождено.

Для нахождения следующих приближений нужно в каждом конкретном случае применять ту или иную модификацию теории возмущений. Метод, изложенный ниже, можно применить к решению краевых задач для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром при старшей производной.

Мы продемонстрируем его на примере решения уравнения Шредингера

$$-\frac{\hbar^2}{2\mu} \frac{d^2}{dx^2} \psi_n + \{u(x) - E_n\} \psi_n = 0 \quad (1)$$

условием

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi_n^2(x) dx < \infty; \quad (2)$$

$\hbar/2\mu$ будем считать малым параметром.

Здесь оператор Гамильтона

$$H = \frac{\hbar^2}{2\mu} \frac{d^2}{dx^2} + u(x) \quad (3)$$

сходится сильно при $\hbar \rightarrow 0$ к оператору умножения на $u(x)$ ⁽¹⁾. В ⁽²⁾ для уравнения (1) было найдено первое, так называемое квазиклассическое, приближение. Ниже я рассмотрю задачу о нахождении следующих приближений, которая была предложена мне А. Н. Тихоновым.

Пусть $u(x) - E = 0$ имеет два простых корня $x_E^{(1)}$ и $x_E^{(2)}$; $x_E^{(1)} < x_E^{(2)}$; $u(x)$ дважды дифференцируема.

Известно (⁽³⁾, стр. 3) асимптотическое разложение фундаментальной системы решений уравнений

$$-\frac{\hbar^2}{2\mu} \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \{u(x) - E\} \varphi = 0,$$

равномерное в области

$$-\infty < x < x_E^{(2)} - \varepsilon$$

или в области

$$x_E^{(1)} + \varepsilon < x < \infty.$$

Первый член такого разложения для области (а) удовлетворяет уравнению

$$L_0(\varphi_E^{(1)}) = \frac{\hbar^2}{2\mu} \frac{d^2 \varphi_E^{(1)}}{dx^2} - \{u(x) - E\} \varphi_E^{(1)}(x) - \frac{\hbar^2}{2\mu} f_E(x) \varphi_E^{(1)}(x) = 0,$$

где

$$f_E(x) = V \omega'(x) \frac{d^2}{dx^2} \frac{1}{V \omega'(x)}, \quad \omega(x) = \omega_1(x) = \left(\frac{3}{2} \int_{x_E^{(1)}}^x V \overline{E - u(x)} dx \right)^{2/3};$$

для области (б) он удовлетворяет тому же уравнению при условии

$$\omega(x) = \omega_2(x) = \left\{ \frac{3}{2} \int_x^{x_E^{(2)}} V \overline{E - u(x)} dx \right\}^{2/3}.$$

i -е приближение находится согласно (3) методом последовательных приближений из уравнения

$$L_0(\varphi_E^{(i)}) = - \frac{\hbar^2}{2\mu} f_E(x) \varphi_E^{(i-1)}. \quad (4)$$

Обозначим через φ_E^i i -е приближение (5) с условием $\varphi_E(-\infty) = 0$. Нормировано φ_E^i так, что

$$\int [\varphi_E^i(x)]^2 dx \xrightarrow{\hbar \rightarrow 0} \int \frac{dx}{V \overline{E - u(x)}}.$$

Интеграл берется по любому отрезку из области (а) (см. (4), теорема 2).

Аналогично через $\psi_E^i(x)$ обозначим i -е приближение для области (б) при условии $\psi_E^i(+\infty) = 0$ с такой же нормировкой.

Известно, что первое приближение собственных значений уравнения (1) находится из уравнения Бора

$$\frac{V_{2\mu}}{\hbar} \int_{x_{E_n^{(1)}}^{(1)}}^{x_{E_n^{(1)}}^{(2)}} V \overline{E_n^{(1)} - u(x)} dx = \pi \left(n + \frac{1}{2} \right) + O(\hbar). \quad (5)$$

Определим точку x_0 из условия

$$\int_{x_{E_n^{(1)}}^{(1)}}^{x_0} V \overline{E_n^{(1)} - u(x)} dx = \int_{x_0}^{x_{E_n^{(1)}}^{(2)}} V \overline{E_n^{(1)} - u(x)} dx. \quad (6)$$

Для нахождения следующих приближений собственных значений установим рекуррентную формулу, связывающую $(i+1)$ -е приближение с i -м.

Пусть E_n^i — i -е приближение энергии. Поскольку для четных n $\varphi_{E_n}^i$, $\varphi_{E_n}^{i+1}$, $\psi_{E_n}^i$ и $\psi_{E_n}^{i+1}$, как это видно из их асимптотик, не обращаются в нуль

точке x_0 , а для нечетных n не обращаются в нуль их производные этой точке, то функция, заданная равенствами

$$F_{E_n}^h(x) = \begin{cases} \frac{\varphi_{E_n}^h(x)}{\varphi_{E_n}^h(x_0)} & \text{при } -\infty < x < x_0, \\ \frac{\psi_{E_n}^h(x)}{\varphi_{E_n}^h(x_0)} & \text{при } x_0 < x < \infty; \end{cases} \quad (n \text{ четно})$$

$$F_{E_n}^h(x) = \begin{cases} \frac{\varphi_{E_n}^h(x)}{[\varphi_{E_n}^h(x)]'_{x=x_0}} & \text{при } -\infty < x < x_0, \\ \frac{\psi_{E_n}^h(x)}{[\psi_{E_n}^h(x)]'_{x=x_0}} & \text{при } x_0 < x < \infty, \end{cases} \quad (n \text{ нечетно})$$

определена на всей прямой $-\infty < x < +\infty$. Обозначим

$$W_{E_n}^h(x) = \varphi_{E_n}^h(x) [\psi_{E_n}^h(x)]'_x - \psi_{E_n}^h(x) [\varphi_{E_n}^h(x)]'_x.$$

Умножив уравнение $H\psi_n = E_n\psi_n$ справа на $F_{E_n}^h(x)$ и проинтегрировав по частям от $-\infty$ до $+\infty$, получим для четных n , учитывая, что

$$\begin{aligned} \varphi_E^h &= -\frac{\hbar^2}{2\mu} f_E(x) \{\varphi_E^h - \varphi_E^{h-1}\}; \\ E_n \int_{-\infty}^{\infty} F_{E_n}^h(x) \psi_n(x) dx &= E_n^l \int_{-\infty}^{\infty} F_{E_n}^h(x) \psi_n(x) dx - \\ &- \frac{\hbar^2}{2\mu} \int_{-\infty}^{x_0} f_{E_n}^h(x) \{\varphi_{E_n}^h(x) - \varphi_{E_n}^{h-1}(x)\} dx - \frac{\hbar^2}{2\mu} \int_{x_0}^{\infty} f_{E_n}^h(x) \{\psi_{E_n}^h(x) - \psi_{E_n}^h(x)\} dx + \\ &+ \frac{\hbar^2}{2\mu} \frac{\psi_n(x_0)}{\psi_{E_n}^h(x_0) \varphi_{E_n}^h(x_0)} W_{E_n}^h(x_0). \end{aligned} \quad (8)$$

Положим $S = \int_{x_{E_n}^{(1)}}^{x_{E_n}^{(2)}} \frac{dx}{\sqrt{E_n^{(1)} - u(x)}}$. Тогда из (8) получим, исходя из оце-

нок, данных в (3):

$$E_n = E_n^l + \frac{\hbar^2}{2\mu S} W_{E_n}^h(x_0) + \frac{\hbar^2}{2\mu} W_{E_n}^h(x_0) O(\hbar^{1/2}) + O(\hbar^{\alpha_k}), \quad (9)$$

$$\alpha_2 = 3, \quad \alpha_k = \frac{2k+6}{3} \text{ при } k \geq 3.$$

Положим

$$E_n^{l+1} = E_n^l + \frac{\hbar^2}{2\mu S} W_{E_n}^h(x_0), \quad (10)$$

где $k = i + 1$ для $i \leq 2$, $k = i$ для $i > 2$. Докажем, что

$$E_n - E_n^{i+1} = O\left(\frac{2i+6}{\hbar^3}\right). \quad (1)$$

При $i = 0$ это соотношение справедливо в силу (6). По индуктивному предположению

$$E_n - E_n^i = O\left(\frac{2i+4}{\hbar^3}\right).$$

Отсюда

$$\frac{\hbar^2}{2\mu} \frac{\psi_n(x_0) W_{E_n^i}^h(x_0)}{\psi_{E_n^i}^h(x_0) \varphi_{E_n^i}^h(x_0) \int_{-\infty}^{\infty} \psi_n F_{E_n^i}^h(x) dx} = O\left(\frac{2i+4}{\hbar^3}\right),$$

и, следовательно:

$$\frac{\hbar^2}{2\mu} W_{E_n^i}^h(x_0) = O\left(\frac{2i+4}{\hbar^3}\right).$$

Отсюда и из (9) следует (11).

Совершенно аналогично получаются формулы (10) и (11) для нечетных n .

Из оценок, данных в (3), можно сделать заключение, что $O\left(\frac{2i+6}{\hbar^3}\right)$ в формуле (11) по i порядка $\frac{c^i}{(i-1)!}$, где c — некоторая константа.

Воспользовавшись асимптотикой бесселевых функций, можно записать второе приближение для собственных значений задачи (1) — (2) в виде

$$E_n^{(2)} = E_n^{(1)} - \frac{\hbar^2}{2\mu S} \left\{ \int_{x_{E_n^{(1)}}^{(1)}}^{x_{E_n^{(1)}}^{(2)}} \frac{f_{E_n^{(1)}}(x)}{V_{E_n^{(1)}-u(x)}} dx - \frac{5}{18\pi\hbar(n+1/2)} \right\} + O(\hbar^{1/2}),$$

где

$$f_{E_n^{(1)}}(x) = \begin{cases} V_{\omega_1'}(x) \frac{d^2}{dx^2} \frac{1}{V_{\omega_1'}(x)}, & x < x_0; \\ V_{\omega_2'}(x) \frac{d^2}{dx^2} \frac{1}{V_{\omega_2'}(x)}, & x > x_0. \end{cases}$$

Для того, чтобы получить асимптотики собственных функций, достаточно подставить в φ_E^i и ψ_E^i вместо E асимптотики собственных значений взяв их с точностью на \hbar большей, чем точность φ_E^i и ψ_E^i (поскольку порядок расстояния между точками спектра равен $\hbar^{(1)}$).

В заключение автор приносит глубокую благодарность А. Н. Тихонову и С. В. Фомину, а также Т. Протосевич за ценную помощь.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
9 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. П. Маслов, ДАН, 109, № 2 (1956). ² Н. А. Крамерс, Zs. f. Phys., 39, 828 (1926). ³ А. А. Дородницын, Усп. матем. наук, 7, в. 6 (1952). ⁴ В. П. Маслов, ДАН, 95, № 4 (1954).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Хр. Я. ХРИСТОВ

О ФУНКЦИИ ГРИНА КИНЕТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ
НЕЙТРОНОВ

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 16 VIII 1956)

Кинетическое уравнение нейтронов, описывающее их диффузию в любой медляющей, размножающей и поглощающей среде, представляет собой, как известно, интегро-дифференциальное уравнение ⁽¹⁻³⁾, позволяющее найти их плотность $V(t, \mathbf{r}, \mathbf{v})$ в пространстве положения \mathbf{r} и скорости \mathbf{v} в любой момент t при произвольной плотности $D(t, \mathbf{r}, \mathbf{v})$ первичных нейтронов. Пусть $W(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t, \mathbf{r}, \mathbf{v})$ — функция Грина этого уравнения, т. е. ее решение при свободном члене

$$D(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) = \delta(t - s) \delta(\mathbf{r} - \mathbf{q}) \delta(\mathbf{v} - \mathbf{u})$$

начальном условии $V_{t < s} = 0$. Таким образом, $W d\mathbf{r} d\mathbf{v}$ — вероятность найти в момент t один нейтрон с радиусом-вектором между \mathbf{r} и $\mathbf{r} + d\mathbf{r}$ со скоростью между \mathbf{v} и $\mathbf{v} + d\mathbf{v}$, если в момент s был только один нейтрон с радиусом-вектором \mathbf{q} и со скоростью \mathbf{u} . Здесь мы покажем, что W удовлетворяет двум интегральным уравнениям при весьма общих предположениях о процессах, которые могут произойти с нейтронами. Эти уравнения могут быть полезными, если рассеяние происходит на ядрах, масса которых не намного больше массы нейтрона, и если надо учесть рождение ядер не только тепловыми, но и быстрыми и промежуточными нейтронами ⁽⁴⁻⁶⁾. Свойства среды полагаем заданными функциями \mathbf{r} и t .

Мы будем учитывать следующие элементарные процессы, которые могут произойти с нейтронами:

1. Радиоактивный распад нейтрона. Пусть λdt — вероятность того, что данный нейтрон распадается в интервале времени dt .

2. Рассеяние нейтрона при его соударениях на частицах среды, например на ядрах. Пусть $P_0(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, \mathbf{w}) dt d\mathbf{w}$ вероятность того, что этот удар происходит в интервале времени dt и после удара нейтрон получает скорость между \mathbf{w} и $\mathbf{w} + d\mathbf{w}$. Эта вероятность, как следующие ниже, относится к нейтрону, имеющему в момент t радиус-вектор \mathbf{r} и скорость \mathbf{v} .

3. Поглощение нейтрона ядрами среды, сопровождаемое выделением радиоактивных ядер, способных давать запаздывающие нейтроны. Пусть $p_{k_1 k_2 \dots}(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) dt$ ($k_1, k_2, \dots = 0, 1, 2, \dots$) — вероятность того, что нейтрон поглотится в интервале времени dt , создавая при этом k_1, k_2, \dots ядер разных типов N_1, N_2, \dots , способных испускать запаздывающие нейтроны.

4. Поглощение нейтрона, сопровождаемое образованием радиоактивных ядер, дающих запаздывающие нейтроны, и испусканием одного или нескольких нейтронов. Пусть $P_{k k_1 k_2 \dots}(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, \mathbf{w}) dt d\mathbf{w}$ ($k = 1, 2, \dots$) — вероятность того, что нейтрон поглотится в интервал времени dt , создавая k_1, k_2, \dots ядер типа N_1, N_2, \dots и излучая k ($k = 1, 2, \dots$) нейтронов, один из которых имеет скорость между \mathbf{w} и $\mathbf{w} + d\mathbf{w}$.

Пусть $R_{ij}(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, \tau, \mathbf{w}) d\tau d\mathbf{w}$ ($i, j = 1, 2, \dots$) — вероятность того, что ядро N_i создано в момент t в точке \mathbf{r} под действием нейтрона, движущегося со скоростью \mathbf{v} , распадается в интервал времени $\tau, \tau + d\tau$ и при этом дает j запаздывающих нейтронов, один из которых обладает скоростью между \mathbf{w} и $\mathbf{w} + d\mathbf{w}$. Это не исключает возможности того, что то же самое ядро дает раньше или позже другие запаздывающие нейтроны.

5. Непрерывное изменение скорости нейтрона между двумя актами типа 1—4. Пусть

$$\frac{d\mathbf{r}}{dt} = \mathbf{v}, \quad \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{K}(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) \quad (6)$$

уравнения движения нейтрона в то время, когда он не участвует ни в каких актах типа 1—4. Причиной непрерывного изменения скорости нейтрона могут быть его соударения с некоторыми частицами среды, например с электронами атомных оболочек. Само собой разумеется, что этот процесс может быть рассмотрен и как результат ряда соударений типа 2, но в целях общности мы полагаем возможность одновременного осуществления обоих вышеуказанных процессов.

Мы будем полагать, что движение нейтронов подчиняется законам классической, а не квантовой механики. Соударениями нейтронов между собой и с частицами, являющимися продуктом их взаимодействия со средой, будем пренебрегать⁽⁵⁾. Таким образом, изучаемый нами процесс замедления, размножения и поглощения нейтронов является некоторой непрерывной марковской цепью⁽⁷⁾.

Все величины $\lambda, P_0, P_{k_1 k_2 \dots}, P_{k_1 k_1 k_2 \dots}, R_{ij}$ и \mathbf{K} полагаем известными. Исходя из них, мы можем сконструировать несколько новых величин.

Выражение

$$Q(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, \mathbf{w}) dt d\mathbf{w} = \left(P_0 + \sum_{k_1, k_2, \dots} \frac{1}{k} P_{k k_1 k_2 \dots} \right) dt d\mathbf{w},$$

очевидно, дает вероятность того, что нейтрон претерпевает соударение в интервал времени между t и $t + dt$ и в результате получается нейтрон со скоростью между \mathbf{w} и $\mathbf{w} + d\mathbf{w}$, а

$$r_{k_1 k_2 \dots}(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) dt = \left(p_{k_1 k_2 \dots} + \sum_k \frac{1}{k} \int_{-\infty}^{\infty} P_{k k_1 k_2 \dots} d\mathbf{w} \right) dt,$$

$$r_i(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) dt = \sum_{k_1, \dots, k_2} k_i r_{k_1 k_2 \dots} dt$$

вероятности получения после удара k_1, k_2, \dots ядер типа N_1, N_2, \dots среди них одного ядра типа N_i . Тогда, очевидно,

$$R(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, \tau, \mathbf{w}) dt d\tau d\mathbf{w} = \sum_{i,j} r_i R_{ij} dt d\tau d\mathbf{w}$$

есть вероятность того, что один нейтрон, находящийся в момент t в точке \mathbf{r} и обладающий скоростью \mathbf{v} , претерпевает удар в интервале времени dt и в результате получается некоторое радиоактивное ядро, которое в интервал времени $\tau, \tau + d\tau$ распадется и даст нейтрон со скоростью между \mathbf{w} и $\mathbf{w} + d\mathbf{w}$, а

$$p(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) dt = \left(\lambda + \sum_{k_1, k_2 \dots} r_{k_1 k_2 \dots} + \int_{-\infty}^{\infty} P_0 d\mathbf{w} \right) dt$$

вероятность того, что этот нейтрон в интервале времени dt примет участие в каком-либо из элементарных актов 1—4.

Пусть, далее,

$$\vec{r} = \vec{\varphi}(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t), \quad \vec{v} = \vec{\psi}(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t)$$

решения уравнений движения (1), т. е. значения радиуса-вектора \vec{r} и скорости \vec{v} нейтрона в момент t , если в момент s он имел радиус-вектор \mathbf{q} и скорость \mathbf{u} . Для краткости положим

$$\begin{aligned} \vec{\varphi}_t &= \vec{\varphi}(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t), & \vec{\psi}_t &= \vec{\psi}(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t), \\ \vec{\varphi}'_s &= \vec{\varphi}(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, s), & \vec{\psi}'_s &= \vec{\psi}(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, s). \end{aligned}$$

Тогда выражение

$$P(t, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t) = \exp \left[- \int_{\tau=s}^t p(\tau, \vec{\varphi}_\tau, \vec{\psi}_\tau) d\tau \right]$$

$$P'(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, s) = \exp \left[- \int_{\tau=s}^t p(\tau, \vec{\varphi}'_\tau, \vec{\psi}'_\tau) d\tau \right]$$

есть вероятность того, что в интервале времени s, t этот нейтрон не участвовал ни в одном из актов 1—4, выраженную через оба момента t и через величины \mathbf{q}, \mathbf{u} или \mathbf{r}, \mathbf{v} , определяющие состояние нейтрона соответственно в моменты s, t .

Функции $P, Q, R, \vec{\varphi}, \vec{\psi}$ и p выражаются через $\lambda, P_0, p_{k_1 k_2 \dots}, P_{k_1 k_2 \dots}, R_{lf}$ и K , так что они тоже известны.

При этих обозначениях для искомой функции W мы получаем следующие два уравнения:

$$\begin{aligned} W(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) &= P(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t) \delta(\mathbf{r} - \vec{\varphi}_t) \delta(\mathbf{v} - \vec{\psi}_t) + \\ &+ \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} P(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, \tau) Q(\tau, \vec{\varphi}_\tau, \vec{\psi}_\tau, \vec{w}) W(\tau, \vec{\varphi}_\tau, \vec{w}, t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) d\tau d\vec{w} + \\ &+ \int_s^t \int_{-\infty}^{\infty} P(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, \tau) R(\tau, \vec{\varphi}_\tau, \vec{\psi}_\tau, \sigma, \vec{w}) W(\sigma, \vec{\varphi}_\tau, \vec{w}, t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) d\tau d\sigma d\vec{w}; \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) &= \delta(\vec{\varphi}'_s - \mathbf{q}) \delta(\vec{\psi}'_s - \mathbf{u}) P'(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, s) \frac{\partial(\vec{\varphi}'_s, \vec{\psi}'_s)}{\partial(\mathbf{r}, \mathbf{v})} + \\ &+ \int_s^t \int_{-\infty}^{\infty} W(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, \tau, \vec{\varphi}'_\tau, \vec{w}) Q(\tau, \vec{\varphi}'_\tau, \vec{w}, \vec{\psi}'_\tau) P'(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, \tau) \frac{\partial(\vec{\varphi}'_\tau, \vec{\psi}'_\tau)}{\partial(\mathbf{r}, \mathbf{v})} d\tau d\vec{w} + \\ &+ \int_s^t \int_{-\infty}^{\infty} W(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, \tau, \vec{\varphi}'_\tau, \vec{w}) R(\tau, \vec{\varphi}'_\tau, \vec{w}, \sigma, \vec{\psi}'_\tau) P'(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, \tau) \frac{\partial(\vec{\varphi}'_\tau, \vec{\psi}'_\tau)}{\partial(\mathbf{r}, \mathbf{v})} d\tau d\sigma d\vec{w}. \quad (3) \end{aligned}$$

Доказательство уравнения (2) представляет некоторое обобщение наз. метода первого удара Яноши⁽⁸⁾. Уравнение (3) демонстрирует логичный метод, который можно назвать методом последнего удара. Обычное интегро-дифференциальное кинетическое уравнение, соответствующее (2) и (3), имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} V(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) + \mathbf{v} \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}} V(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) + K(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) \frac{\partial}{\partial \mathbf{v}} V(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) + \\ + p(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) V(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) = D(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) + \int_{-\infty}^{\infty} V(t, \mathbf{r}, \vec{w}) Q(t, \mathbf{r}, \vec{w}, \mathbf{v}) d\vec{w} + \\ + \int_{-\infty}^t \int_{-\infty}^{\infty} V(\tau, \mathbf{r}, \vec{w}) R(\tau, \mathbf{r}, \vec{w}, t, \mathbf{v}) d\tau d\vec{w}. \quad (4) \end{aligned}$$

При этом уже плотность источников D здесь произвольна. Переход с (2) или (3) к (4) можно осуществить методом, данным в (9), а обратный переход — обобщением метода, данного в (10).

Рассмотрим в особенности случай, когда свойства среды независимы от \mathbf{r} и t , движение нейтронов между актами 1—4 равномерно и прямолинейно и каждое ядро N_i способно отдавать только один запаздывающий нейтрон, испускаемый в момент его первого радиоактивного превращения. Тогда мы будем иметь:

$$\begin{aligned} W(s, \mathbf{q}, \mathbf{u}, t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) &= W(t-s, \mathbf{r}-\mathbf{q}, \mathbf{u}, \mathbf{v}), \\ p(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}) &= p(\mathbf{v}), \quad Q(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, \mathbf{w}) = Q(\mathbf{v}, \mathbf{w}), \\ R(t, \mathbf{r}, \mathbf{v}, \tau, \mathbf{w}) &= \sum_i R_i(\mathbf{v}, \mathbf{w}) e^{-\lambda_i(\tau-t)}, \end{aligned}$$

$$\vec{\varphi}_t = \mathbf{s} + \mathbf{u}(t-s), \quad \vec{\psi}_t = \mathbf{u}, \quad \vec{\varphi}'_s = \mathbf{r} - \mathbf{v}(t-s), \quad \vec{\psi}'_s = \mathbf{v},$$

причем λ_i — константы распада ядер N_i ; $R_i(\mathbf{v}, \mathbf{w})$ — функции \mathbf{v} и \mathbf{w} вида $r_i(\mathbf{v})R_i(\mathbf{w})$.

Уравнения (2) и (3) при этом принимают более простой вид:

$$\begin{aligned} W(t, \mathbf{r}, \mathbf{u}, \mathbf{v}) &= e^{-p(\mathbf{u})t} \delta(\mathbf{r} - \mathbf{u}t) \delta(\mathbf{v} - \mathbf{u}) + \\ &+ \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} e^{-p(\mathbf{u})\tau} Q(\mathbf{u}, \mathbf{w}) W(t-\tau, \mathbf{r} - \mathbf{u}\tau, \mathbf{w}, \mathbf{v}) d\tau d\mathbf{w} + \\ &+ \int_0^t \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} e^{-p(\mathbf{u})\tau} \sum_i R_i(\mathbf{u}, \mathbf{w}) e^{-\lambda_i(\sigma-\tau)} W(t-\sigma, \mathbf{r} - \mathbf{u}\sigma, \mathbf{w}, \mathbf{v}) d\tau d\sigma d\mathbf{w}; \quad (5) \\ W(t, \mathbf{r}, \mathbf{u}, \mathbf{v}) &= \delta(\mathbf{r} - \mathbf{v}t) \delta(\mathbf{v} - \mathbf{u}) e^{-p(\mathbf{v})t} + \\ &+ \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} W(t-\tau, \mathbf{r} - \mathbf{v}\tau, \mathbf{u}, \mathbf{w}) Q(\mathbf{w}, \mathbf{v}) e^{-p(\mathbf{v})\tau} d\tau d\mathbf{w} + \\ &+ \int_0^t \int_0^t \int_{-\infty}^{\infty} W(t-\sigma, \mathbf{r} - \mathbf{v}\sigma, \mathbf{u}, \mathbf{w}) \sum_i R_i(\mathbf{w}, \mathbf{v}) e^{-\lambda_i(\sigma-\tau)} e^{-p(\mathbf{v})\tau} d\tau d\sigma d\mathbf{w}. \quad (6) \end{aligned}$$

Эти уравнения, как и более общие уравнения (2) и (3), сопряжены между собой. Их решения должны совпадать, хотя это непосредственно не видно. Интегрированием (5) и (6) по \mathbf{r} можно получить аналогичные уравнения для функции $\bar{W}(t, \mathbf{u}, \mathbf{v}) = \int W d\mathbf{r}$, дающей распределение нейтронов по скорости при любом t .

Поступило
14 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ R. Marshak, Rev. Mod. Phys., 19, 185 (1947). ² А. Ахнезер, И. Поме-
ранчук, Некоторые вопросы теории ядра, М., 1950. ³ Л. Н. Усачев, Докл.
Женевск. конф., 1955, Реакторостроение и теория реакторов, М., 1956, стр. 25.
⁴ Г. И. Марчук, Атомная энергия, 1, 2, 11 (1956). ⁵ Е. Коген, Докл. Женевск.
конф., 1955, Экспериментальные реакторы и физика реакторов, русск. пер. 1956, ст.
257, 385. ⁶ Д. Окрен, Р. Эвери, Х. Хуммел, Докл. Женевск. конф., 1955.
Экспериментальные реакторы и физика реакторов, русск. пер., 1956, стр. 32.
⁷ М. А. Леонтович, Статистическая физика, М., 1944. ⁸ Л. Яноши, ЖЭТФ
26, 386 и 518 (1954). ⁹ Л. Яноши, ЖЭТФ, 30, 351 (1956). ¹⁰ К. М. Case, F. Hoffmann,
G. Placzek, Introduction to the theory of neutron diffusion, Los Alamos, N. M., 1953.

К. П. БЕЛОВ и И. К. ПАНИНА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПОНТАННОЙ ДЕФОРМАЦИИ РЕШЕТКИ ПРИ ФЕРРОМАГНИТНОМ ПРЕВРАЩЕНИИ

(Представлено академиком П. Л. Капицей 21 VII 1956)

1. При охлаждении ферромагнетика ниже точки Кюри в нем, одновременно со спонтанной намагниченностью, возникает спонтанная деформация решетки. Впервые теоретическое объяснение этому явлению было дано Фаулером и Капицей ⁽¹⁾. Изучение спонтанной деформации решетки ферромагнетиков представляет значительный интерес, так как в этом явлении непосредственно проявляется связь между обменной энергией, обуславливающей ферромагнетизм, и межатомными состояниями.

Величины спонтанной намагниченности в настоящее время без особых затруднений определяются для многих ферромагнетиков, но данные величинах спонтанной деформации решетки в литературе почти отсутствуют.

В настоящем сообщении мы указываем способ нахождения спонтанной деформации решетки ферромагнетиков из измерений температурной зависимости магнитострикции и приводим результаты определения ее в некоторых сплавах.

2. В работе ⁽²⁾, в которой мы исходили из теории фазовых переходов II рода, развитой ветскими авторами ^(3,4), было показано, что термодинамический потенциал ферромагнетика вблизи температуры Кюри может быть представлен в виде

$$\Phi = \Phi_0 + a\sigma^2 + b\sigma^4 + c\rho + d\rho^2 + e\sigma^2\rho - H\sigma.$$

здесь σ — удельная намагниченность; ρ — механическое напряжение, H — энергия магнитного поля; a, b, c, d , и e — термодинамические коэффициенты, при этом d и e пропорциональны соответственно модулю упругости и магнитострикционной постоянной. Из условия $\partial\Phi/\partial\rho = 0$, где 0 — носительное изменение объема, получаем:

$$\omega = c + 2d\rho + e\sigma^2.$$

Ограничиваясь случаем, когда $\rho = 0$, и опуская аддитивную постоянную, получаем

$$\omega = e\sigma^2.$$

Для линейной деформации, учитывая, что $\sigma = \sigma_s + \sigma_i$, где σ_s — спонтанная намагниченность, σ_i — истинная намагниченность, можно написать

$$\lambda = 1/3e(\sigma_s + \sigma_i)^2. \quad (1)$$

Таким образом, зависимость λ от квадрата спонтанной и истинной намагниченностей, ранее найденная из модельных представлений ⁽¹⁾, вытекает

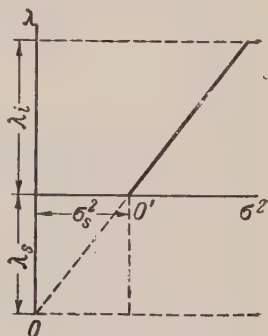


Рис. 1.

также из строгих термодинамических соображений. Представим эту зависимость графически. При отсутствии спонтанной намагниченности в веществе нет и спонтанной деформации (при $H = 0$); пусть это состояние соответствует на рис. 1 точке O . При появлении спонтанной намагниченности (например, при охлаждении ниже температуры Кюри), возникнет спонтанная деформация решетки, которая согласно (1) равна:

$$\lambda_s = \frac{1}{3} e \sigma_s^2. \quad (2)$$

Этому состоянию соответствует точка O' . Если, далее, приложить магнитное поле, то возникает истинная намагниченность σ_i и сопутствующая ей

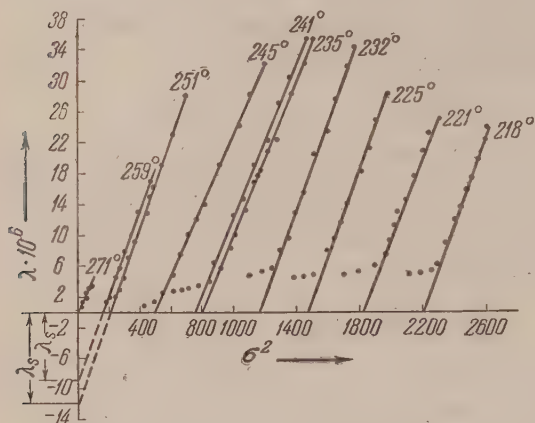


Рис. 2. Зависимость магнитострикции, сопутствующей истинному намагничиванию, от σ_i^2 для сплава 31 % Ni, 5 % Co, 64 % Fe.

намагниченности σ_i магнитострикции λ_i , которая добавляется к спонтанной деформации решетки λ_s по мере увеличения σ_i .

На практике мы не можем непосредственно измерить λ_i , она существует в ферромагнетике в скрытом виде. При наложении поля мы наблюдаем только λ_i . Это соответствует тому, что на рис. начало координат переносится в точку O' . Из рис. вытекает, что если измерить магнитострикцию λ_i в функции квадрата намагниченности, то с помощью экстраполяции прямой λ_i (σ_i^2) к осям координат мы сможем

определить не только спонтанную намагниченность, но и спонтанную деформацию решетки ферромагнетика, вызванную обменными силами.

3. На рис. 2 приведены кривые магнитострикции — квадрат намагниченности для сплава 31 % Ni, 5 % Co, 64 % Fe, снятые при различных температурах в полях выше технического насыщения. Измерения производились на установке с выносным проволочным датчиком, принцип устройства которого был описан ранее (5). Из рисунка видно, что при всех температурах магнитострикция λ_i линейно зависит от квадрата истинной намагниченности. Эта магнитострикция, сопутствующая истинному намагничиванию, носит изотропный характер.

Экстраполируя на рис. 2 прямые к оси абсцисс, мы получаем значения спонтанной намагниченности σ_s . Этот метод нахождения σ_s похож на известный метод определения σ_s из кривых магнито-калорического эффекта. Если продолжить прямые на рис. 2 до пересечения с осью ординат, то получим на последней отрезки, равные значениям спонтанной деформации решетки λ_s . Таким образом, из кривых типа рис. 2 легко определяются при каждой данной температуре значения σ_s и сопутствующие ей значения λ_s .

4. Вид зависимости λ_s от температуры вблизи точки Кюри может быть определен из термодинамических соображений. Подставляя в (2) известное соотношение

$$\sigma_s^2 = \frac{\alpha'_0}{\beta} (\theta - T),$$

также вытекающее из теории фазовых переходов II рода (6), получаем

$$\lambda_s = \frac{1}{3} \frac{\alpha'_0 e}{\beta} (\theta - T), \quad (3)$$

е. вблизи температуры Кюри λ_s , так же как и σ_s^2 , должна линейно зависеть от T .

На опыте для сплавов эта линейность не всегда имеет место, что связано влиянием неоднородности концентрации сплава (2). Неоднородность концентрации в сплаве приводит к «размытию» ферромагнитного превращения, в результате чего кривые $\sigma_s^2(T)$ и $\lambda_s(T)$ искривляются. Опыт, однако, показывает, что вид зависимости λ_s и σ_s^2 от T носит одинаковый характер. Это означает, что формула (2), устанавливающая линейную зависимость λ_s от σ_s^2 , должна соблюдаться даже для неоднородных ферромагнетиков. Рис. 3 хорошо подтверждает этот вывод для всех изученных нами сплавов.

5. Знание величины спонтанной деформации решетки позволяет определить ферромагнитную аномалию теплового расширения в ферромагнетиках. Наблюдаемый на опыте коэффициент теплового расширения α для всякого ферромагнитного тела состоит из двух частей:

$$\alpha = \alpha_{\sigma_s=0} \pm \frac{d\lambda_s}{dT}. \quad (3)$$

Здесь $\alpha_{\sigma_s=0}$ — коэффициент теплового расширения, который имело бы вещество, если в нем самопроизвольная намагниченность отсутствовала; $d\lambda_s/dT$ — ферромагнитная аномалия коэффициента расширения, определяемая температурным ходом спонтанной деформации решетки. Знак перед вторым членом определяется знаком изменения $d\lambda_s/dT$ при нагревании. Для никеля это изменение положительно (что приводит к положительной аномалии α), для инварных сплавов $d\lambda_s/dT$ отрицательно.

На рис. 4 дана температурная зависимость α для инварного сплава (31% Ni, 5% Co, 64% Fe), снятая на dilatометре Шевенара. Прибавляя на рис. 4 к ординатам α (при каждой данной температуре) опытные значения $d\lambda_s/dT$, получаем температурный ход $\alpha_{\sigma_s=0}$, который в первом приближении совпадает с ходом зависимости α от T для ферромагнитных металлов. Это построение, таким образом, доказывает, что аномалия теплового расширения в ферромагнетиках определяется спонтанной деформацией решетки, которая возникает при ферромагнитном превращении.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
20 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ R. Fowler, P. Kapitza, Proc. Roy. Soc., A124, 1 (1929). ² К. П. Белов, М. М., 2, в. 3 (1956). ³ Л. Ландау, Е. Лифшиц, Статистическая физика, 1940. ⁴ В. Л. Гинзбург, ЖЭТФ, 19, 36 (1949). ⁵ К. П. Белов, В. В. Шмидт, ЖЭТФ, 23, 44 (1953). ⁶ С. В. Вонсовский, Я. С. Шур, Ферромагнетизм, 1948.

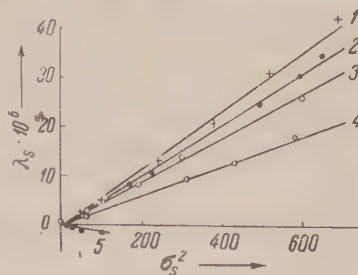


Рис. 3. Зависимость λ_s от σ_s^2 для сплавов: 1 — 32% Ni, 68% Fe; 2 — 31% Ni, 5% Co, 64% Fe; 3 — 33% Ni, 64% Fe; 4 — 36% Ni, 64% Fe; 5 — 97,6% Ni, 2,49% Si

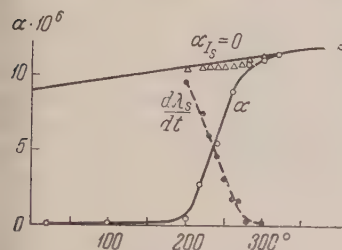


Рис. 4

Певенара. Прибавляя на рис. 4 к ординатам α (при каждой данной температуре) опытные значения $d\lambda_s/dT$, получаем температурный ход $\alpha_{\sigma_s=0}$, который в первом приближении совпадает с ходом зависимости α от T для ферромагнитных металлов. Это построение, таким образом, доказывает, что аномалия теплового расширения в ферромагнетиках определяется спонтанной деформацией решетки, которая возникает при ферромагнитном превращении.

Б. Б. ГОВОРКОВ, В. И. ГОЛЬДАНСКИЙ, О. А. КАРПУХИН,
А. В. КУЦЕНКО и В. В. ПАВЛОВСКАЯ

УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ γ -КВАНТОВ С ЭНЕРГИЕЙ ДО 120 МЭВ ПРОТОНАМИ

(Представлено академиком И. Е. Таммом 15 VIII 1956)

Исследование углового распределения и абсолютных величин сечений упругого γ -рассеяния является одним из возможных способов изучения как электромагнитной структуры протона, так и характера его взаимодействия с мезонным полем. Простейшая теория рассеяния γ -квантов протонами была развита Поуэллом (1). В этой теории рассеивающий центр (с спином $1/2$) считался точечным и характеризовался лишь величинами заряда и массы, а сложность внутренней структуры протона учитывалась чисто феноменологически — введением в расчеты статического аномального магнитного момента. В результате Поуэлл получил формулу Клейна — Нишины с добавочными членами, содержащими величину отклонения магнитного момента от ядерного магнетона.

Заведомо ясно, что в рассеянии нуклонами γ -квантов, особенно при энергиях $h\nu \gtrsim m_{\pi}c^2$, играют существенную роль π -мезоны (см., например (2)). Однако учет этой роли зависит от конкретных предположений о свойствах мезонных полей и характера их взаимодействия с нуклонами. Поэтому предсказания теоретических работ, использующих отдельные конкретные варианты мезонных теорий (3–5) и представления о нуклонном изобаре ($I = 3/2$, $T = 3/2$) (6–9), подлежат всесторонней экспериментальной проверке.

Несмотря на интерес проблемы упругого γ -рассеяния, вплоть до конца 1955 г. в литературе не появилось ни одной экспериментальной работы о комптон-эффекте на протонах. Основной причиной подобной скудости экспериментальных данных является крайняя малость сечений упругого γ -рассеяния (томсоновское сечение

$$\sigma_{\text{томс}} = \frac{8}{3} \pi \left(\frac{e^2}{Mc^2} \right)^2 = 1,93 \cdot 10^{-31} \text{ см}^2,$$

а ожидать заметного увеличения сечений по сравнению с $\sigma_{\text{томс}}$ можно только в области энергий близ изобарного максимума ($h\nu \approx 340$ Мэв), где трудности наблюдений дополнительно возрастают из-за появления большого фона γ -квантов от распада π^0 -мезонов. Именно из-за этого последнего обстоятельства первые эксперименты по исследованию упругого γ -рассеяния (10, 11), равно как и наши описываемые ниже опыты, выполнены при энергиях γ -квантов, не превышающих порога фотообразования π -мезонов*. В этой области энергий полные сечения упругого γ -рассеяния по всем теоретическим предсказаниям почти совпадают с томсоновским сечением, и поэтому значительно больший интерес представляет не определение полных сечений,

* Как было сообщено на симпозиуме Европейского центра ядерных исследований в Женеве в июне 1956 г., Г. Бернардини и соотр. в самое последнее время исследовали комптон-эффект на протонах и при более высоких энергиях. Результаты их опытов, равно как и уточненные результаты работы (11), сообщенные в мае 1956 г. на Московской конференции по физике частиц высоких энергий В. Вайскопфом, еще не опубликованы.

исследование углового распределения рассеянных γ -квантов. Между тем, именно в вопросе об угловом распределении упругого γ p-рассеяния результаты работы (¹⁰), в которой была обнаружена сильная направленность рассеяния вперед (при максимальной энергии γ -квантов 98 Мэв $\frac{\sigma(45^\circ)}{\sigma(90^\circ)} \ll 1$), разошлись с данными работы (¹¹), авторы которой не обнаружили подобной направленности. Поэтому, несмотря на появление в ходе заключительного этапа подготовки наших опытов работ (^{10,11}), мы сочли все же безусловно целесообразным выполнить намеченные нами измерения углового распределения при упругом рассеянии γ -квантов с энергиями до 120 Мэв протонами.

Опыты проводились на 265 Мэв синхротроне Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. Для уменьшения фоновой загрузки отдельных

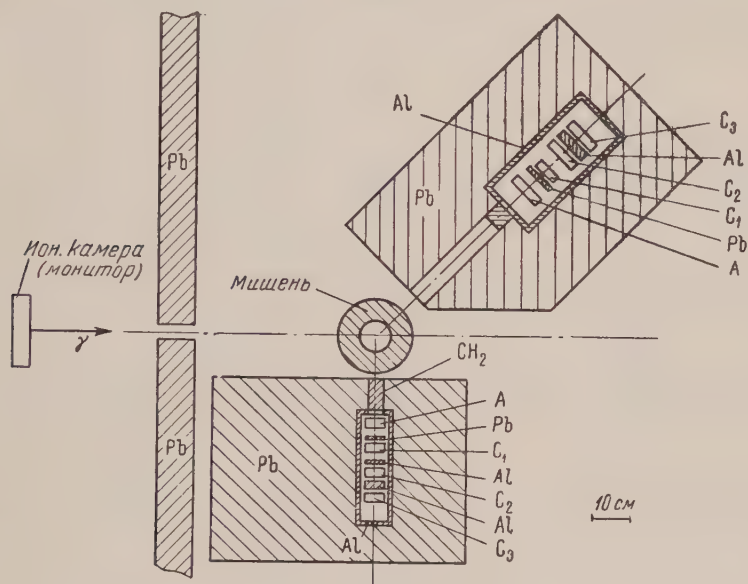


Рис. 1. Схема установки

счетчиков и счета случайных совпадений работа производилась в условиях, когда благодаря замене мгновенного выключения ускоряющего напряжения на резонаторе постепенным его уменьшением длительность импульсов синхротрона составляла 1000 μ сек. (вместо обычных 30 μ сек.). Спектр электронов, попадающих на мишень синхротрона, оказывался при этом приблизительно треугольным с основанием от 75 до 119 Мэв и максимумом при 97 Мэв.

Исследование упругого γ p-рассеяния при этих энергиях производилось путем регистрации только рассеянных γ -квантов с помощью телескопов сцинтилляционных счетчиков. Общий вид установки изображен на рис. 1.

Наблюдения производились с помощью двух телескопов, расположенных одновременно под углами 90 и 90° , 45 и 90° , 45 и 135° в лабораторной системе. Каждый телескоп состоял из четырех жидкостных сцинтилляционных счетчиков, наполненных раствором терфенила в толуоле (3 г/л). За первым счетчиком каждого из телескопов, включавшемся на антисовпадения для уменьшения фона от проникающих пар, располагался свинцовый конвертор толщиной 6,2—7 г/см²; между третьим и четвертым счетчиками — алюминиевый фильтр толщиной 5,4—6 г/см². Порог регистрации γ -квантов, определявшийся толщиной второго и третьего счетчиков и Al-фильтра, составлял для обоих телескопов ~40 Мэв.

Для регистрации световых импульсов от сцинтилляторов применялись фотоэлектронные умножители ФЭУ-19-II. Рабочее напряжение на фото-

умножителях доводилось до 4—4,5 кв, что позволяло получить на выходе ФЭУ, работающего прямо на кабель РК-50 (волновое сопротивление $\rho = 150$ ом) импульсы амплитудой 10 в. С выхода ФЭУ импульсы передавались длинным кабелем (~ 50 м) непосредственно на элемент отбора совпадений, где они ограничивались и формировались по длительности метровыми отрезками кабеля РК-50, что давало возможность получить разрешающее время $\tau \approx 9 \cdot 10^{-9}$ сек. На рис. 2 показана типичная кривая совпадений, наблюдавшаяся при введении задержек в канал одного из счетчиков для рабочих тройных совпадений.

Элемент отбора совпадений был собран по принципу диодных схем с предварительным формированием импульсов на входе. В качестве нелинейных элементов применялись германиевые диоды типа ДГЦ-8. Установка

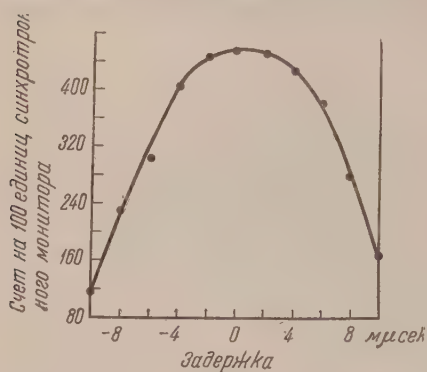


Рис. 2. Счет тройных совпадений телескопа при различных задержках в одном из каналов

была выполнена так, что имела возможность контролировать все счетчики, считать двойные, тройные и четверные совпадения и их комбинации. Это позволяло делать всевозможные проверочные измерения.

В работе использовался жидкий водород, заливавшийся в цилиндрический сосуд из пенополистирола ПС-4 внутренним диаметром 108 мм и наружным диаметром 208 мм (толщина стенок около 200 мг/см²). Скорость счета от пустой мишени составляла в различных измерениях от 5 до 80 % скорости счета от мишени, заполненной жидким водородом. Эффективно работающий объем мишени при расположении телескопа

определялся сравнением скорости счета при регистрации π^0 -мезонов с «точечного» графитового источника и пенополистироловой рабочей мишени, заполненной жидким азотом (эти опыты проводились со спектром тормозного излучения с максимальной энергией 265 Мэв). Для приведения полученных данных к абсолютным значениям была определена скорость счета γ -квантов от фотообразования π^0 -мезонов на водороде (при 265 Мэв) и проведено измерение потоков тормозного излучения (при $h\nu_{\max} = 119$ и 265 Мэв) с помощью графитовых детекторов, активированных в реакции $C^{12}(\gamma, n)C^{11}$ и специально градуированных нами в отдельных опытах.

Для расчетов сечений в первом приближении предполагалось, что дифференциальное угловое сечение испускания под углом 90° γ -квантов от распада π^0 -мезонов равно просто удвоенному сечению испускания π^0 -мезонов под этим углом, которое для $h\nu_{\max} = 250$ Мэв составляет $2,4 \cdot 10^{-30}$ см²/эффект · квант · стерад. ⁽¹²⁾ Эффективности телескопов для регистрации γ -квантов от распада π^0 -мезонов и упругого γ -рассеяния (усредненные по спектру этих γ -квантов) приблизительно полагались одинаковыми. При сравнении данных для 45° и 135° с данными для 90° вводились поправочные множители (0,92 для 45° и 1,08 для 135°), учитывающие различия в энергии рассеянных γ -квантов.

Результаты наших опытов представлены на рис. 3. Сечение для угла 90° ($d\sigma/d\Omega = (1,35 \pm 0,13) \cdot 10^{-32}$ см²/стерад) хорошо согласуется с результатами работы ⁽¹⁰⁾. Однако, в отличие от этой работы, в наших опытах установлено преимущественное рассеяние фотонов в заднюю полусферу (для 45° $d\sigma/d\Omega = (1,40 \pm 0,17) \cdot 10^{-32}$ см²/стерад; для 135° $(2,25 \pm 0,45) \cdot 10^{-32}$ см²/стерад). Этот результат означает, что уже при энергиях γ -квантов до 120 Мэв анализ протонного комптон-эффекта, основанный лишь на значении аномального статистического магнитного момента ⁽¹⁾ и при

водящий к выводу о некотором превышении рассеяния в переднюю полу-
феру, оказывается недостаточным. Уже при этих энергиях, по-видимому,
проявляется интерференция рассеяния γ -квантов на протоне как точечном
ядре и на нуклонном изобаре, т. е. вследствие существования асим-
метричного мезонного облака в
состоянии возникает динами-
ческий магнитный момент нук-
лонов.

Авторы выражают призна-
тельность чл.-корр. АН СССР
В. И. Векслеру за неизменное
внимание к работе и ценные
замечания. Мы благодарим
чл.-корр. АН СССР А. И. Шаль-
никова, Н. И. Гинзбург, Н. Н.
Корошилова и других сотруд-
ников кафедры низких темпе-
ратур физического факультета
МГУ за помощь в постановке
работ с жидким водородом.
Мы благодарим также коллек-
тиву эксплуатации синхротрона
ФИАН.

Уже после сдачи статьи в набор проф. Д. Фриш из Массачусетского
технологического института (США) любезно прислал нам текст подробной
статьи авторов (¹¹), направленной ими в Physical Review. Как явствует
из этой статьи, для γ -квантов с энергией от 90 до 130 Мэв наблюдается за-
метное уменьшение сечения рассеяния под углом 45° по сравнению с томсо-
вским сечением, что качественно согласуется с нашими результатами.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило
14 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ J. L. Powell, Phys. Rev., **75**, 32 (1949). ² M. Gell-Mann, M. Goldberger, Phys. Rev., **96**, 1433 (1954). ³ R. Sachs, L. Foldy, Phys. Rev., **80**, 824 (1950).
R. Capps, R. Sachs, Phys. Rev., **96**, 540 (1954). ⁵ R. Capps, W. Holla-
day, Phys. Rev., **99**, 931 (1955). ⁶ S. Minami, Progr. Theor. Phys., **9**, 108 (1953).
R. Huddleston, Bull. Am. Phys. Soc., **28**, № 3, JA 14 (1953). ⁸ В. И. Ритус,
Докл. на Всесоюз. совещ. по квантовой электродинамике и теории элементарных частиц,
апр., 1955 г. ⁹ N. Austern, Phys. Rev., **10**, 1522 (1955). ¹⁰ C. Oxley, V. Teleg-
i, Phys. Rev., **100**, 435 (1955). ¹¹ G. Pugh, R. Gomez, D. Frisch, G. Janes,
Phys. Rev., **100**, 1245 (1955). ¹² V. Goldschmidt-Clermont, L. S. Osborn-
e, M. B. Scott, Phys. Rev., **89**, 329 (1953).

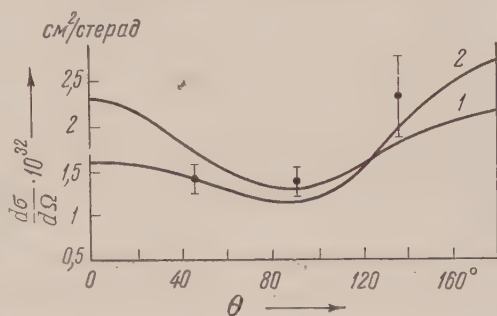


Рис. 3. Угловое распределение упругого γ -рассеяния: 1 — по формуле Поуэлла (¹); 2 — интерполяцией между данными для фотонов нулевой энергии и расчетами Ритуса (⁸) для фотонов с энергиями свыше 190 Мэв

Л. С. ДУЛЬКОВА, И. Б. СОКОЛОВА и М. Г. ШАФРАНОВА

РАССЕЯНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ π -МЕЗОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 300 МЭВ НА ВОДОРОДЕ

(Представлено академиком Д. В. Скобелцыным 4 VIII 1956)

В настоящей работе методом толстослойных фотопластинок изучалось рассеяние положительных и отрицательных π -мезонов на водороде.

Пластинки НИКФИ типа «Р», загруженные ацетатом лития, облучались на синхротроне Института ядерных проблем АН СССР. Средняя энергия положительных мезонов в фотопластинках составляла (295 ± 10) Мэв, отрицательных мезонов (300 ± 15) Мэв. Методы обработки и просмотра пластинок, а также предварительные результаты были сообщены ранее (1). В настоящее время найдено 105 случаев упругого рассеяния отрицательных мезонов и 149 случаев рассеяния положительных мезонов в интервале углов от 10 до 170° .

Для оценки интегрального сечения упругого рассеяния были введены следующие поправки: на эффективность просмотра по площади (10%), на пропуск событий у стекла и у поверхности эмульсии (5%) и пропуск таких случаев, для которых плоскость рассеяния образует большой угол с плоскостью эмульсии. Последняя поправка составляет 35% от полного числа случаев и не зависит от угла рассеяния.

С учетом указанных поправок получены следующие значения для интегральных сечений:

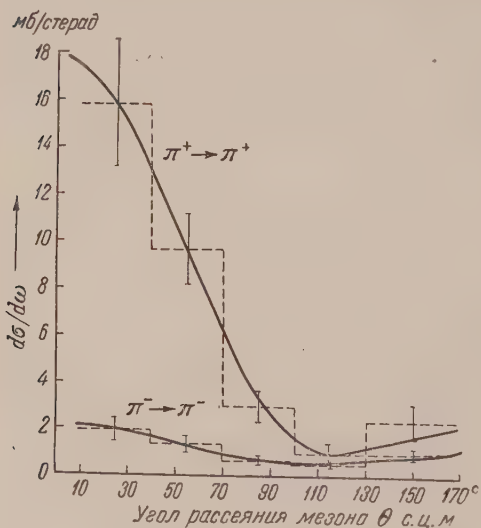


Рис. 1. Угловые распределения рассеяния π^\pm -мезонов на водороде. Сплошные кривые — функция $f(\theta) = a + b \cos \theta + c \cos^2 \theta$, где a, b, c — экспериментальные коэффициенты

С учетом указанных поправок получены следующие значения для интегральных сечений:

$$\sigma(\pi^- + p \rightarrow \pi^- + p) = (11 \pm 2) \text{ мб};$$

$$\sigma(\pi^+ + p \rightarrow \pi^+ + p) = (63 \pm 10) \text{ мб}.$$

Угловые распределения для этих процессов анализировались в предположении, что рассеяние происходит в состоянии с изотопическим спином $3/2$ и $1/2$ при участии только S - и P -волн.

Следовательно, функцию углового распределения можно представить в виде

$$f(\theta) = a + b \cos \theta + c \cos^2 \theta.$$

Методом наименьших квадратов были найдены коэффициенты a , b и c мб/стерад. для рассеяния π^\mp -мезонов: $a_- = 0,57 \pm 0,16$; $a_+ = 2,6 \pm 0,60$; $b_- = 0,59 \pm 0,20$; $b_+ = 7,5 \pm 1,1$; $c_- = 0,96 \pm 0,28$; $c_+ = 8,0 \pm 1,8$. Соответствующие угловые распределения представлены на рис. 1. Фазы рассеяния определялись графическим методом Ашкина (²⁵). Требующееся для анализа сечение рассеяния отрицательных π -мезонов с перезарядкой взято как разность полного сечения рассеяния $\pi^- + p$, измеренного в работе (²) по выбыванию из пучка, и сечения упругого рассеяния, полученного нами. Найдены следующие значения фаз:

$$\alpha_3 = -32^\circ \pm 8^\circ$$

$$\alpha_{31} = -12^\circ \pm 3^\circ$$

$$\alpha_{33} = 141^\circ \pm 10^\circ$$

↙ (1) (2) ↘

$$\alpha_1 = 12^\circ$$

$$\alpha_1 = 12^\circ$$

$$\alpha_{13} = 10^\circ$$

$$\alpha_{13} = -10^\circ$$

$$\alpha_{11} = -20,5^\circ$$

$$\alpha_{11} = 21,5^\circ$$

Ошибки в фазах найдены путем варьирования диаметров окружностей, пересечение которых определяет фазы в методе Ашкина.

При анализе данных по рассеянию π^+ -мезонов выработано решение типа Ферми, что следует из опытов при больших энергиях. Несмотря на большую неоднозначность графического метода, анализ результатов рассеяния π^- -мезонов в нашем случае дает только два решения. Точность эксперимента не позволяет выбрать одно из них. Для проверки степени соответствия фаз экспериментальным угловым распределением была вычислена величина

$$M = \sum_{i=1}^{10} \frac{(\sigma_i^{\text{расч}} - \sigma_i^{\text{эксп}})^2}{\xi_i^2},$$

где $\sigma_i^{\text{расч}}$ — дифференциальное сечение, полученное из (1); $\sigma_i^{\text{эксп}}$ — экспериментальное дифференциальное сечение; ξ_i — ошибка измерения.

В случае решения (1) $M = 7$; для решения (2) $M = 11$ вместо ожидаемого значения $M = 4$. Такие значения M говорят в пользу решения (1), но не позволяют отбросить решение (2).

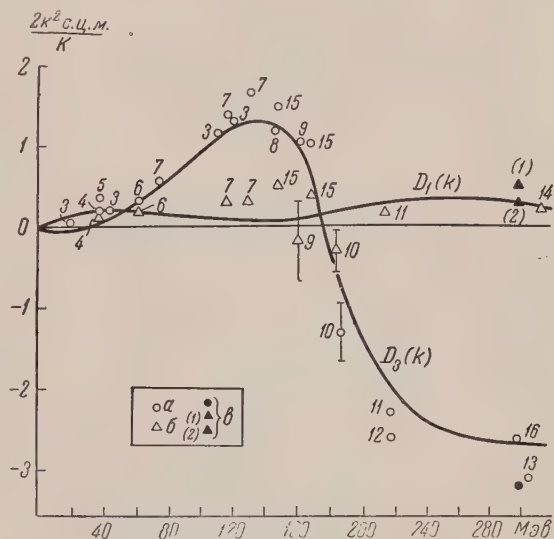


Рис. 2. Сравнение полученной из дисперсионных соотношений амплитуды рассеяния вперед с экспериментальными данными. $a = \sin 2\alpha_3 + \sin 2\alpha_{31} + 2 \sin 2\alpha_{33}$; $b = \sin 2\alpha_1 + \sin 2\alpha_{11} + 2 \sin 2\alpha_{13}$; c — настоящая работа

Полученные фазовые сдвиги находятся в удовлетворительном согласии с выводами, вытекающими из дисперсионных соотношений для рассеяния мезонов.

На рис. 2 приведена зависимость амплитуды рассеяния вперед от энергии для состояний с изотопическим спином $3/2$ (D_3) и $1/2$ (D_1).

Сплошные кривые до $E = 240$ Мэв вычислены из условия причинности Андерсоном и др. ⁽²⁴⁾ и продолжены нами до $E = 300$ Мэв. При этом, согласно Ориру, для малых энергий полагалось $\alpha_3 = -0,11 \eta$; $\alpha_1 = 0,16 \eta$. Точками нанесены экспериментальные данные различных авторов ⁽³⁻¹⁶⁾. Наши результаты при $E = 300$ Мэв в случае π^+ -мезонов и обоих решений для π^- -мезонов согласуются с расчетной кривой в пределах ошибок эксперимента.

Сравнение полученных нами фаз с фазами для других энергий приведено на рис. 3.

Следует отметить, что эксперимент дает только одно значение для фазы α_1 , которое остается положительным при варьировании коэффициентов в пределах их ошибок. Это значение α_1 не согласуется с прямой Орира, однако величина ошибки, определить которую трудно, может быть большой.

Фаза α_3 отрицательна и, даже при учете ее наибольшей ошибки, ложится значительно ниже прямой Орира с наклоном $0,11 \eta$.

Полученное значение фазы α_{33} подтверждает резонансный характер взаимодействия в состоянии $J = 3/2$, $I = 3/2$ и не согласуется с теоретической кривой Чью и Лоу. Из эксперимента также вытекает, что P -фазы для изотопического спина $1/2$ при энергии 300 Мэв вносят существенный вклад в рассеяние.

Малая точность эксперимента не позволяет учесть возможную примесь D -волны. С учетом D -волны

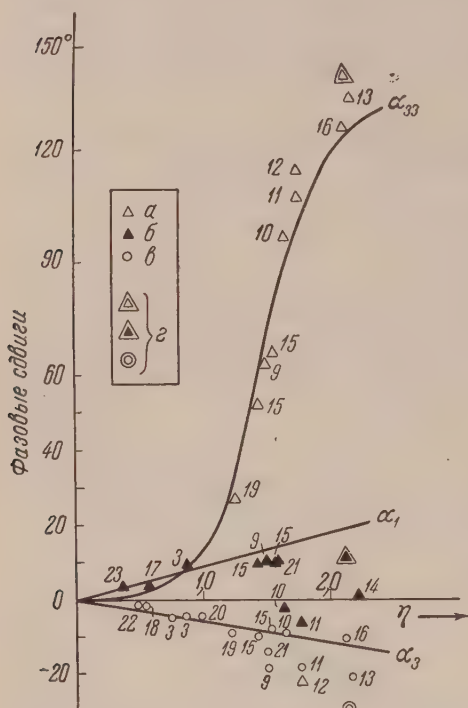


Рис. 3. Зависимость фаз от импульса мезона. η — импульс мезона в системе центра масс в единицах μc . Верхняя кривая получена Чью и Лоу для фазы α_{33} . Прямые $\alpha_1 = 0,16 \eta$ и $\alpha_3 = -0,11 \eta$ получены Ориром. Точками нанесены экспериментальные данные различных авторов ⁽³⁻²³⁾. a — α_{33} ; b — α_1 ; c — α_3 ; g — настоящая работа

ны угловое распределение $\pi^+ + p$ -рассеяния принимает вид:

$$F(\theta) = (2,9 \pm 2,3) + (8,7 \pm 2,2) \cos \theta + (8,0 \pm 5,9) \cos^2 \theta + (0,17 \pm 4,04) \cos^3 \theta + (3,4 \pm 7,5) \cos^4 \theta.$$

Ошибки в коэффициентах последних двух членов настолько велики, что не исключается равенство их нулю, т. е. отсутствие D -волны. Если D -волна вносит существенный вклад, то анализ экспериментальных данных приведет к некоторому изменению S - и P -фаз. Это может привести к согласию фаз α_1 и α_3 с прямыми Орира. Однако возможно, что при данной энергии уже проявляется нелинейная зависимость фаз от импульса, т. е. начинает сказываться влияние эффективного радиуса взаимодействия.

Авторы выражают благодарность чл.-корр. АН СССР И. М. Франку, И. Я. Бариту и К. Д. Толстову за помощь в работе, В. Я. Файнбергу и В. И. Ритусу за ценные советы, а также группе лаборантов Физического

Член-корреспондент АН СССР Е. К. ЗАВОЙСКИЙ,
М. М. БУТСЛОВ и Г. Е. СМОЛКИН

ПРЕДЕЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ И СОБСТВЕННЫЕ ШУМЫ ЭЛЕКТРОННООПТИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ СВЕТА

Принцип электроннооптического усиления света позволяет получать сколь угодно большие коэффициенты усиления η ⁽¹⁾. Легко, однако, видеть, что существует некоторое предельное значение этого коэффициента η_{lim} , позволяющее фотографировать минимальный возможный сигнал — один электрон, вылетающий с входного фотокатода усилителя света. Дальнейшее повышение η практически не имеет смысла.

Оценим ориентировочно значение η_{lim} по формуле $\eta_{\text{lim}} = n\sigma$. Здесь n — число падающих на единицу площади экрана электронов, необходимое для получения нормального снимка с оптической плотностью $\approx 0,2$ — $0,4$. Из опыта известно (см., например, ⁽²⁾), что в подобных случаях при энергии электронов $\approx 2 \cdot 10^4$ эв это число имеет значение $\approx 10^9$. Величина σ — площадь кружка изображения на экране при регистрации одного электрона. Она определяется разрешающей способностью прибора и в нашем случае имеет значение $\approx 10^{-4}$ см². Следовательно, $\eta_{\text{lim}} \approx 10^5$.

На опыте фотографическая регистрация одного электрона была осуществлена с помощью усилителя света типа 95. Для этого мы воспользовались сначала электронами темновой эмиссии входного фотокатода (собственные шумы прибора). Под действием этих шумов на флуоресцирующем экране усилителя света возникает некоторый фон. При визуальном наблюдении этого фона можно видеть, что он состоит из отдельных локальных мерцающих вспышек люминофора, подобных сцинтилляциям (рис. 1а). Площадь свечения экрана при вспышке $\approx 10^{-4}$ см². Длительность вспышки определяется временем высвечивания экрана.

Рядом опытов (сравнением яркости вспышек, действием слабого источника света и γ -препарата на фотокатод и др.) было показано, что в области рабочих напряжений (от 8 до 20 кв) большинство вспышек на экране отвечает не отдельным электронам, вылетающим с входного фотокатода, а целым группам (пачкам) электронов. Таким образом, было установлено наличие двух различных компонент темновой эмиссии SbCs фотокатода: «одноэлектронной» и «многоэлектронной», природа которых, как можно было сразу полагать, различна.

Выделение одноэлектронной компоненты по минимальной оптической плотности негатива связано с рядом трудностей, обусловленных шумами других катодов, и не позволяет поэтому решить вопрос о возможности регистрации одного электрона.

Для достоверного выделения и регистрации одного электрона, а также для выяснения характера эмиссии многоэлектронной компоненты собственных шумов была применена расфокусировка электронного изображения во входном каскаде усилителя света. Размеры кружков размытия от вспышек при этом зависели от степени расфокусировки и от составляющей начальных скоростей электронов U_0^\perp , перпендикулярной к оси прибора.

и расфокусировке вспышка распадается на группу отдельных точек, каждая из которых отвечает одному электрону на входе. Это подтверждается тем, что яркость точек в группе примерно одинакова.



Рис. 1. *а, б, в, г* — фотографии фона на экране усилителя света, полученные методом расфокусировки электронного изображения; *д, е* — снимки отдельных распавшихся электронных групп; *ж, з* — снимки отдельных фотоэлектронов

а рис. 1 приводится ряд фотографий, полученных по описанной методике. Снимки *а, б, в, г* демонстрируют постепенную расфокусировку много-

электронных вспышек. На снимках *д, е* представлены фотографии отдельных расфокусированных вспышек.

Снимок *ж* получен при освещении одной половины фотокатода достаточно слабым потоком света без расфокусировки. Снимок *з* получен при равных прочих условиях, но при высокой расфокусировке. Если исключить точки, вызванные собственными шумами (некоторые из них указаны стрелками), то можно видеть, что размер, яркость и число остающихся точек на обоих снимках одинаковы. Это указывает на то, что точки относятся отдельным фотоэлектронам, идущим с освещенной части фотокатода.

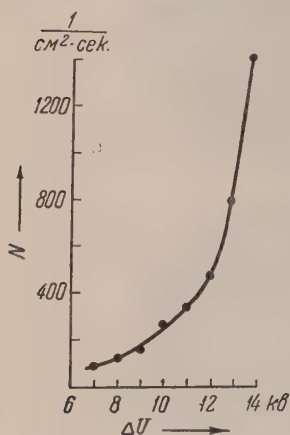


Рис. 2. Зависимость числа электронных групп N от разности потенциалов ΔU на каскаде

В этих опытах коэффициент усиления $\eta = 3 \cdot 10^4$. Однако при столь высоких коэффициентах усиления, когда регистрируется один электрон, существуют помехи в работе могут оказываться собственные шумы. Их источником является главным образом темновая эмиссия фотокатодов прибора, причем шумы входного фотокатода вызывают наибольший фон на выходном экране, так как они проходят весь канал усиления.

Путем расфокусировки электронного изображения на входе усилителя света нам удалось произвести количественные измерения обоих компонент темнового тока SbCs фотокатода. Для этого была получена серия фотографий фона на некоторой определенной выдержке и произведен соответствующий пересчет на единицу площади и на единицу времени. В результате измерений оказалось, что при разности потенциалов на каскаде $\Delta U = 12$ кВ SbCs фотокатод эмиттирует ~ 500 отдельных электронов при комнатной

температуре. Наряду с этим оказалось, что при тех же условиях фотокатод эмиттирует $\sim 500 \frac{1}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}}$ локальных электронных групп (пачек). Число электронов δ в пачке может принимать значение от 2 до 15—20. Наибольшее число пачек состоит из 7—12 электронов.

На различное происхождение этих двух токов указывает прежде всего их зависимость от температуры. При охлаждении фотокатода в жидком азоте одноэлектронный ток исчезал полностью, что указывает на его термоэлектронное происхождение*. В то же время многоэлектронная компонента темнового тока оставалась практически неизменной.

С точки зрения механизма эмиссии многоэлектронной компоненты интерес представляет зависимость ее от разности потенциалов ΔU на каскаде, а также разброс начальных скоростей электронов U_0 и среднее время τ , в течение которого эмитируются электроны одной группы. Зависимость тока от ΔU представлена на рис. 2. С повышением ΔU число электронных групп $N \frac{1}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}}$ растет по закону $\sim a(\Delta U)^5$.

Оценка перпендикулярной составляющей начальных скоростей электронов U_0^\perp была сделана по известному спектру скоростей фотоэлектронов. С этой целью на фотокатод усилителя света был спроектирован точечный источник света и произведено сравнение размеров кружка размытия от этого источника и от отдельных электронных пачек при некоторой расфокусировке. Максимальное значение U_0^\perp оказалось равным ~ 10 эв.

Время τ изучалось методом высокочастотной развертки электронно

* Следует отметить, что измеренная нами величина термоэлектронного тока существенно расходится с данными других авторов: $10^{-16} \frac{a}{\text{см}^2}$ (3, 4); $10^{-15} - 10^{-14} \frac{a}{\text{см}^2}$ (5, 6) и др.

бражения на входе усилителя света, подробно описанным в (7). По предельным измерениям оно оказалось меньше 10^{-11} сек. •
Имеющихся в настоящее время данных, однако, недостаточно для решения вопроса о том, что является причиной многоэлектронного темнового тока с фотокатода: автоэлектронная эмиссия с неровностей (сферолитов) фотокатода или бомбардировка катода тяжелыми ионами.
Таким образом, на основе изложенных экспериментальных фактов следует считать доказанным, что предельный коэффициент электронооптического усиления света достигнут, и дальнейшее повышение чувствительности следует вести по пути повышения квантового выхода фотокатода. Вместе с тем регистрация одного электрона дает возможность изучения таких явлений, которые сопровождаются вылетом всего лишь одного фотона (либо вторичного электрона) с входного фотокатода. Это в сочетании с методом, обладающим в настоящее время самым высоким временным разрешением (7), открывает новые экспериментальные возможности в исследованиях сверхбыстрых процессов. В работе показано также, что термоэлектронный ток фотокатода мал и не может быть помехой в исследованиях такого характера. Уровень многоэлектронной компоненты собственных шумов также достаточно мал и при импульсном питании может быть еще понижен.

Поступило
27 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Е. К. Завойский, М. М. Бутслов, А. Г. Плахов, Г. Е. Смолкин, Большая энергия, № 4, 35 (1956). ² И. С. Стекольников, Электронный миллограф, 1949. ³ G. Morton, RCA-Review, 10, 525 (1949). ⁴ F. Boeshoten, W. Milatz C. Smit, Physica, 20, 193 (1954). ⁵ R. W. Engstrom, J. Opt. Soc., Am., 37, 420 (1947). ⁶ Н. О. Чечик, С. М. Файнштейн, Г. М. Лифшиц, Электронные умножители, М. 1954. ⁷ Е. К. Завойский, С. Д. Файнштейн, ДАН, 108, № 2, 218 (1956).

В. В. СОБОЛЕВ

ПЕРЕНОС ИЗЛУЧЕНИЯ В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

(Представлено академиком В. А. Амбарцумяном 5 VIII 1956)

В теории переноса излучения обычно предполагается, что оптические свойства среды (индикатриса рассеяния и отношение коэффициента рассеяния к коэффициенту поглощения) постоянны. В большинстве же встречающихся на практике случаев указанные величины меняются при переходе от одного места к другому. Например, в земной атмосфере сильно зависит от высоты индикатриса рассеяния, в звездных атмосферах зависит от глубины отношение коэффициента рассеяния в линии к коэффициенту поглощения в непрерывном спектре. Поэтому возникает задача о переносе излучения в среде с меняющимися оптическими свойствами.

Здесь мы рассмотрим частный случай указанной задачи, заключающийся в определении свечения полубесконечной среды, состоящей из плоских параллельных слоев, при сферической индикатрисе рассеяния. Отношение коэффициента рассеяния к сумме коэффициентов рассеяния и истинного поглощения (т. е. вероятность выживания кванта при элементарном акте рассеяния) обозначим через λ и будем считать эту величину функцией оптической глубины τ .

Данная задача сводится к решению следующего интегрального уравнения для функции $B(\tau)$:

$$B(\tau) = \frac{\lambda(\tau)}{2} \int_0^{\infty} B(\tau') \text{Ei}|\tau - \tau'| d\tau' + g(\tau), \quad (1)$$

где функция $g(\tau)$ обусловлена непосредственно источниками излучения. Интенсивность излучения, выходящего из среды под углом $\arccos \eta$ к нормали, выражается через $B(\tau)$ формулой

$$I(\eta) = \int_0^{\infty} B(\tau) e^{\tau/\eta} \frac{d\tau}{\eta}. \quad (2)$$

Для решения поставленной задачи может быть также использован прием, основанный на введении в рассмотрение вероятности выхода кванта из среды (1). Обозначим через $p(\tau, \eta) d\omega$ вероятность того, что квант, поглощенный на оптической глубине τ , выйдет из среды (вообще говоря после многократных рассеяний в ней) под углом $\arccos \eta$ к нормали внутри телесного угла $d\omega$. Если функция $p(\tau, \eta)$ известна, то интенсивность выходящего из среды излучения при любых действующих на сред источниках излучения может быть найдена по формуле

$$I(\eta) = 4\pi \int_0^{\infty} \frac{g(\tau)}{\lambda(\tau)} p(\tau, \eta) \frac{d\tau}{\eta}. \quad (3)$$

Функция $p(\tau, \eta)$ определяется интегральным уравнением

$$p(\tau, \eta) = \frac{\lambda(\tau)}{4\pi} e^{-\tau/\eta} + \frac{\lambda(\tau)}{2} \int_0^{\infty} p(\tau', \eta) \text{Ei}|\tau - \tau'| d\tau', \quad (4)$$

ляющимся частным случаем уравнения (1) (при $g(\tau) = \frac{\lambda(\tau)}{4\pi} e^{-\tau/\eta}$,
е. при освещении среды параллельными лучами).

Решение уравнения (4) в принципе представляет такие же трудности, как и решение уравнения (1). Однако для определения функции $p(\tau, \eta)$ можно составить также другое уравнение. Найдем вероятность выхода кванта с глубины $\tau + \Delta\tau$, т. е. величину $p(\tau + \Delta\tau, \eta)$. Для этого представим себе, что квант выходит с глубины τ , а затем проходит через дополнительный слой малой толщины $\Delta\tau$ (без поглощения или с поглощением в этом слое). В случае, когда $\lambda = \text{const}$, среда без дополнительного слоя не отличается от среды с этим слоем, и поэтому мы можем написать:

$$p(\tau + \Delta\tau, \eta) = p(\tau, \eta) \left(1 - \frac{\Delta\tau}{\eta}\right) + 2\pi \int_0^1 p(\tau, \eta') \frac{\Delta\tau}{\eta'} d\eta' p(0, \eta). \quad (5)$$

Если λ зависит от τ , то соотношение (5) уже не имеет места. Однако в этом случае можно написать соотношение более общее, чем (5). Для этого рассмотрим совокупность сред, в которых вероятность выживания кванта равна $\lambda(\tau + \alpha)$, где α — параметр. Вероятность выхода кванта из среды, характеризующейся определенным значением параметра α , обозначим через $p(\tau, \eta, \alpha)$.

Очевидно, что после отделения от среды слоя толщиной $\Delta\tau$ получается среда с вероятностью выживания кванта, равной $\lambda(\tau + \alpha + \Delta\tau)$, и с вероятностью выхода кванта с глубины τ , равной $p(\tau, \eta, \alpha + \Delta\tau)$. Вместо (5) теперь получаем:

$$p(\tau + \Delta\tau, \eta, \alpha) = p(\tau, \eta, \alpha + \Delta\tau) \left(1 - \frac{\Delta\tau}{\eta}\right) + 2\pi \int_0^1 p(\tau, \eta', \alpha + \Delta\tau) \frac{\Delta\tau}{\eta'} d\eta' p(0, \eta, \alpha). \quad (6)$$

Отсюда следует:

$$\frac{\partial p}{\partial \tau} - \frac{\partial p}{\partial \alpha} = -\frac{1}{\eta} p(\tau, \eta, \alpha) + 2\pi \int_0^1 p(\tau, \eta', \alpha) \frac{d\eta'}{\eta'} p(0, \eta, \alpha). \quad (7)$$

Входящая в уравнение (7) величина $p(0, \eta, \alpha)$ может быть представлена в виде

$$p(0, \eta, \alpha) = \frac{\lambda(\alpha)}{4\pi} \left[1 + 2\pi \int_0^1 p(\eta, \eta', \alpha) d\eta'\right], \quad (8)$$

$$\rho(\eta, \zeta, \alpha) = \frac{\pi}{\eta\zeta} \int_0^\infty e^{-\tau/\zeta} p(\tau, \eta, \alpha) d\tau. \quad (9)$$

Величина $\rho(\eta, \zeta, \alpha)$ представляет собой коэффициент яркости среды, освещенной параллельными лучами, падающими под углом $\arccos \zeta$ к нормали. Если параллельные лучи создают освещенность перпендикулярной им площадки, равную πS , то интенсивность излучения, диффузно отраженного средой, равна

$$I(\eta, \zeta, \alpha) = S \rho(\eta, \zeta, \alpha). \quad (10)$$

Из уравнений (7) и (8) может быть получено одно уравнение для определения функции $\rho(\eta, \zeta, \alpha)$. Умножая (7) на $e^{-\tau/\zeta}$ и интегрируя по τ в пределах от 0 до ∞ , находим:

$$\left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{\zeta}\right)\rho(\eta, \zeta, \alpha) - \frac{\partial \rho}{\partial \alpha} = \frac{\pi}{\eta} \rho(0, \eta, \alpha) \left[1 + 2\zeta \int_0^1 \rho(\eta', \zeta, \alpha) d\eta'\right]. \quad (11)$$

Подставляя (8) в (11) и учитывая симметричность функции $\rho(\eta, \zeta, \alpha)$ относительно η и ζ (вытекающую из (1)–(4) при $g(\tau) = \frac{\lambda(\tau)}{4} Se^{-\tau/\zeta}$), вместо (11) имеем:

$$(\eta + \zeta)\rho(\eta, \zeta, \alpha) - \eta\zeta \frac{\partial \rho}{\partial \alpha} = \frac{\lambda(\alpha)}{4} \varphi(\eta, \alpha) \varphi(\zeta, \alpha), \quad (12)$$

где введено обозначение

$$\varphi(\eta, \alpha) = 1 + 2\eta \int_0^1 \rho(\eta, \eta', \alpha) d\eta'. \quad (13)$$

Из (12) и (13) следует:

$$\rho(\eta, \zeta, \alpha) = \int_{\alpha}^{\infty} \frac{\lambda(\alpha')}{4} \varphi(\eta, \alpha') \varphi(\zeta, \alpha') e^{-(\alpha' - \alpha) \left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{\zeta}\right)} \frac{d\alpha'}{\eta\zeta}, \quad (14)$$

$$\varphi(\eta, \alpha) = 1 + \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{d\zeta}{\zeta} \int_{\alpha}^{\infty} \lambda(\alpha') \varphi(\eta, \alpha') \varphi(\zeta, \alpha') e^{-(\alpha' - \alpha) \left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{\zeta}\right)} d\alpha'. \quad (15)$$

Таким образом, задача сводится к определению функции $\varphi(\eta, \alpha)$ из уравнения (15). Если функция $\varphi(\eta, \alpha)$ известна, то по формуле (14) может быть найден коэффициент яркости для любой из рассматриваемых сред. Чтобы получить коэффициент яркости для исходной среды, надо в (14) положить $\alpha = 0$.

Рассмотрим некоторые частные случаи.

1. Если $\lambda = \text{const}$, то φ не зависит от α , и вместо (14) и (15) имеем:

$$\rho(\eta, \zeta) = \frac{\lambda}{4} \frac{\varphi(\eta) \varphi(\zeta)}{\eta + \zeta}, \quad (16)$$

$$\varphi(\eta) = 1 + \frac{\lambda}{2} \eta \varphi(\eta) \int_0^1 \frac{\varphi(\zeta)}{\eta + \zeta} d\zeta. \quad (17)$$

Уравнения (16) и (17) были раньше получены В. А. Амбарцумяном⁽²⁾.

2. Пусть $\lambda = \lambda_0$ при $0 \leq \tau \leq \tau_0$ и $\lambda = \lambda_1$ при $\tau_0 \leq \tau < \infty$. Из (14) и (15) получаем:

$$\rho(\eta, \zeta, \alpha) = \frac{\lambda_0}{4} \int_{\alpha}^{\tau_0} \varphi(\eta, \alpha') \varphi(\zeta, \alpha') e^{-(\alpha' - \alpha) \left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{\zeta}\right)} \frac{d\alpha'}{\eta\zeta} + \rho_1(\eta, \zeta) e^{-(\tau_0 - \alpha) \left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{\zeta}\right)}, \quad (18)$$

$$\varphi(\eta, \alpha) = 1 + \frac{\lambda_0}{2} \int_0^1 \frac{d\zeta}{\zeta} \int_{\alpha}^{\tau_0} \varphi(\eta, \alpha') \varphi(\zeta, \alpha') e^{-(\alpha' - \alpha) \left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{\zeta}\right)} d\alpha' + \frac{\lambda_1}{2} \eta \varphi_1(\eta) \int_0^1 \varphi_1(\zeta) e^{-(\tau_0 - \alpha) \left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{\zeta}\right)} \frac{d\zeta}{\eta + \zeta}, \quad (19)$$

$\rho_1(\eta, \zeta)$ и $\varphi_1(\eta)$ определены соотношениями (16) и (17) при $\lambda = \lambda_1$. Формулой (18) дается коэффициент яркости полубесконечной среды с $\lambda = \lambda_1$, которую наложен слой произвольной оптической толщины $\tau_0 - \alpha = \lambda_0$ ($0 \leq \alpha \leq \tau_0$).

3. Полагая в (18) и (19) $\lambda_1 = 0$, $\tau_0 - \alpha = t$, $\tau_0 - \alpha' = t'$, находим:

$$\rho(\eta, \zeta, t) = \frac{\lambda}{4} \int_0^t \varphi(\eta, t') \varphi(\zeta, t') e^{-(t-t')\left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{\zeta}\right)} \frac{dt'}{\eta\zeta}, \quad (20)$$

$$\varphi(\eta, t) = 1 + \frac{\lambda}{2} \int_0^1 \frac{d\zeta}{\zeta} \int_0^t \varphi(\eta, t') \varphi(\zeta, t') e^{-(t-t')\left(\frac{1}{\eta} + \frac{1}{\zeta}\right)} dt'. \quad (21)$$

Формулой (20) определяется коэффициент яркости среды оптической толщины t с постоянным λ . Мы пришли к новым уравнениям для функций $\rho(\eta, \zeta, t)$ и $\varphi(\eta, t)$ в задаче, которая подробно рассматривалась ранее.

При учете (8) и (13) уравнение (7) принимает вид:

$$\frac{\partial p}{\partial \tau} - \frac{\partial p}{\partial \alpha} = -\frac{1}{\eta} p(\tau, \eta, \alpha) + \frac{\lambda(\alpha)}{2} \varphi(\eta, \alpha) \int_0^1 p(\tau, \eta', \alpha) \frac{d\eta'}{\eta'}. \quad (22)$$

При помощи (22) по формуле (3) интенсивность выходящего из среды излучения $I(\eta, \alpha)$ может быть выражена через функцию $\varphi(\eta, \alpha)$ при различных источниках излучения. Сравнительно просто это можно сделать в случаях, когда $g(\tau)$ — полином или экспоненциальная функция от τ .

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
2 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. В. Соболев, Астр. журн., 28, № 5 (1951). ² В. А. Амбарцумян, Н, 37, 257 (1943).

Э. Я. ГРАЕВСКИЙ и А. А. НЕЙФАХ

О РОЛИ ГИПОФИЗА В ПОРАЖЕНИИ ЯЙЦЕКЛЕТОК АМФИБИЙ ПРИ ОБЩЕМ ОБЛУЧЕНИИ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИЕЙ

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенем 29 VI 1956)

Считается общепринятым, что облучение гипофиза хотя и может приводить к определенным цитологическим изменениям в нем самом (1), вызывает заметных нарушений в организме (2). Однако А. В. Войно-Ясенецкий (3) приводит данные, свидетельствующие, по его мнению, об угнетающем влиянии облученного гипофиза лягушки на развитие ее потомства. Важность этого вопроса побудила нас повторить упомянутое исследование.

Проведено две серии опытов. В первой мы стремились возможно более точно воспроизвести исследования Войно-Ясенецкого; во второй серии мы усилили факторы, которые должны были бы увеличить эффект. Несмотря на эти различия, материал обоих опытов оказался достаточно однородным для статистической обработки и был сгруппирован вместе.

В первой серии лягушки *Rana temporaria* подвергались общему воздействию гамма-излучения от установки типа ГУТ-400 (заряд Co^{60} — 200 мКи при расстоянии 86 см, мощности дозы 368 г/час и времени облучения 19 часов. Доза радиации как и в работе (3) составила 7000 г. После облучения животные содержались при температуре 16—17° в течение 14 дней. Затем у облученных и у находившихся в таких же условиях контрольных лягушек извлекались гипофизы и инъецировались по 2 штуки в лимфатический мешок самок, бывших перед тем на холоду (4—5°).

В этих экспериментах овуляция была вызвана у 14 самок: 10 нормальных и 4 облученных (7000 г). При этом половине обеих групп лягушек, т. е. 5 нормальным и 2 облученным были введены гипофизы от облученных животных; остальным же вводились гипофизы от необлученных доноров. Инъекция повторялась на третий день, а еще через день стимулированные самки вскрывались и зрелая икра искусственно оплодотворялась. Подопытные (инъекция гипофизов от облученных лягушек) и контрольные (инъекция гипофиза от необлученных животных) группы лягушек сравнивались по выживаемости их зародышей. Так как процент оплодотворенных икринок не зависит от того, были ли облучены гипофиз или даже сама икра или нет (6,7), выживаемость потомства вычислялась в процентах к числу оплодотворенных икринок. Критерием оплодотворения служило дробление икринок. Известно, что при лучевых воздействиях гибель начинается только после конца дробления, в начале гастрюляции (6,7). Отбор и подсчет погибших эмбрионов в первой серии опытов производился на стадиях гастрюляции, хвостовой почки, подвижного зародыша, тотчас после выклева и на стадии свободноживущей личинки с паружными жабрами. Овуляция (опыты проводились в декабре—январе) во всех случаях была полной. Оплодотворение осуществлялось на 10—90%. При более низком проценте оплодотворения материал в работу не включался. Никакой корреляции между процентом оплодотворения и жизнеспособностью зародышей установить не удалось. В отдельных случаях зародыши были чрезвычайно мало жизнеспособны и до вылупления доходило менее 20—30%; эти случаи в работу также не

исключены. Так, в контрольной группе икра одной лягушки оказалась жизнеспособной (выклев менее 3,5%), и она из опыта исключена.

Опыты этой серии показали (табл. 1), что гонадотропная активность облученного и необлученного гипофиза, а также жизнеспособность потомства, полученного в этих случаях, не обнаруживают статистически достоверных отличий. Более того, использование гипофизов от облученных животных усиливает прямого повреждающего действия радиации на гаметы.

Уже эти опыты показывают, что угнетающее действие облученного гипофиза, если оно вообще существует, очень невелико. Для большей убедительности была поставлена вторая серия опытов в условиях, которые должны были бы способствовать проявлению повреждающего влияния облученного гипофиза, если таковое имеет место.

Таблица 1

Выживаемость потомства при инъекции гипофизов от облученных (доза 7000 г — серия I) и необлученных животных (в % к числу оплодотворенных икринок)

	Необлученные лягушки		m_{dif}	Облученные лягушки	
	необлуч. гипофиз	облуч. гипофиз		необлуч. гипофиз	облуч. гипофиз
Число животных	4	5	—	2	2
Нейрула	$94 \pm 2,5$	$91 \pm 2,5$	$3 \pm 3,5$	91	92
Хвостовая почка	$81 \pm 3,9$	$79 \pm 2,7$	$2 \pm 4,7$	70	76
Подвижный зародыш	76 ± 6	$72 \pm 5,8$	$4 \pm 8,4$	65	72
Выклев из оболочек	$71 \pm 6,5$	$69 \pm 6,2$	$2 \pm 8,9$	56	67
Личинка с наружн. жабами	57 ± 11	$63 \pm 6,5$	$6 \pm 12,8$	42	53

Таблица 2

Выживаемость потомства при инъекции гипофизов от облученных (доза 10000 г — серия II) и необлученных животных (в % к числу оплодотворенных икринок)

	Число животн.	Стадии		
		Хвостовая почка	Подвижный зародыш	Выклев
Необлученный гипофиз	7	$89 \pm 2,1$	$79 \pm 3,2$	73 ± 5
Облученный гипофиз	9	87 ± 2	80 ± 3	$70 \pm 3,2$
m_{dif}	—	$2 \pm 2,9$	$1 \pm 4,4$	3 ± 6

Лягушки облучались на трехтрубчатой рентгеновской установке с равномерным полем (180 кв, 3×10 ма, фильтр — 0,5 Cu + 0,75 Al, 36 г/мин).

В отличие от опытов первой серии доза радиации была увеличена с 7000 г до 10 000 г, а время после облучения — с 14 до 21—30 суток. Последующая обработка материала была такой же, как и в первой серии, за исключением того, что отбор и подсчет погибших производился только на трех стадиях: хвостовой почки, подвижного зародыша и после выклева. В опыте было использовано 20 животных (не считая 80 лягушек — доноров гипофиза), десяти лягушкам инъецировались гипофизы от облученных лягушек и десяти — от необлученных. В трех кладках из контрольной группы и в одной подопытной икра оказалась мало жизнеспособной и из дальнейшей обработки была исключена. Результаты этой серии (табл. 2) также пока-

зывают, что отличия между опытом и контролем невелики и статистически недостоверны.

Для статистической обработки полученный материал обеих серий может быть суммирован. В таком виде он представлен в табл. 3, где приведены

Таблица 3

Выживаемость потомства при инъекции гипофизов от облученных и необлученных животных, объединенная по данным I и II серии (в % к числу оплодотворенных икринок)

Стадия развития	Необлучен. гипофиз n-11	Облучен. гипофиз n-14	m_{dif}	t	P
Хвостовая почка	86,4+3,3	87,2+2,3	0,8+4,0	0,33	0,74
Подвижный зародыш	78,4+4,5	77,6+3,2	0,8+5,5	0,23	0,82
Выклев личинок	72,6+4,9	70,0+3,4	2,6+5,9	0,63	0,53

кроме обычной ошибки разности еще и результаты оценки достоверности различий двух выборочных средних⁽⁸⁾, произведенные по таблицам распределения Стюдента. Последние показывают, что вероятность случайного расхождения данных (последняя графа) по опытной и контрольной группам очень велика (более 0,5) *.

По таблицам Стюдента можно приблизительно оценивать величину возможных отличий при заданной вероятности. С очень большой вероятностью (более 0,98) можно утверждать, что выживаемость зародышей в подопытной и контрольной группах не может отличаться более чем на 5—8 %. Эта величина, собственно, и определяет степень правомерности, с которой мы можем считать доказанным отсутствие влияния облучения гипофиза на яйцеклетки амфибий.

Расхождение между нашими результатами и данными работы⁽³⁾ могут быть объяснены тем, что автор последней принимал за критерий оплодотворения переворачивание икринок анимальным полюсом вверх, в то время как в качестве точного критерия может служить только дробление икринок. Пересчет данных Войно-Ясенецкого по этому критерию показывает, что отличие между опытом и контролем не превышает 10—15 %. К сожалению, достоверность этих данных не может быть достаточно строго установлена из-за отсутствия статистической обработки и указаний о числе животных в работе⁽³⁾.

Настоящая работа дает возможность заключить, что при общем облучении в примененных дозах (до 10 000 г) функция гипофиза лягушек существенно не нарушается, его гонадотропная активность заметно не уменьшается, овуляция протекает нормально и облучение гипофиза не отражается на развитии потомства.

Институт морфологии животных им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР

Поступило
24 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ G. M. Mateyko, H. A. Chraripper, J. Morph., 93, 2, 533 (1953).
² P. M. Allen, O. A. Schjedeetal., J. exp. zool., 124, 1, 131 (1953). ³ В. А. Войно-Ясенецкий, ДАН, 100, № 2 (1955). ⁴ Ph. Stearner, J. exp. zool., 115, 2, 251 (1950). ⁵ Л. А. Кашенко, ДАН, 77, № 1, 157 (1951). ⁶ E. A. Butler, Biological Effects of Radiation, N. Y., 1936. ⁷ А. А. Нейфах, ДАН, 109, № 5 (1956).
⁸ В. И. Романовский, Применение математической статистики в опытной работе, 1947.

* Критерий χ^2 , обычно применяемый для сопоставления двух и более рядов, в данном случае не мог быть использован, так как распределение выживаемости икринок, взятых от разных лягушек, естественно не подчиняется нормальному закону распределения (нормальное распределение, по видимому, имеется в отношении выживаемости икры у разных лягушек). Однако и критерий χ^2 показал почти достоверную идентичность контрольной и опытной серий.

З. Н. ФАЛЕЕВА

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ РАДИАЦИИ НА КЛЕТОЧНЫЙ СОСТАВ КРОВИ МЫШЕЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЗАЩИТНЫХ АГЕНТОВ

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенom 10 VIII 1956)

К числу наиболее характерных нарушений, возникающих в организме животного при воздействии ионизирующей радиации, относятся изменения морфологической картины периферической крови (¹⁻³), которые широко используются для определения лучевого поражения (⁴).

Представляет интерес сравнительное изучение изменений картины крови у животных, облученных в обычных условиях, и животных, лучевое поражение которых было ослаблено применением тех или иных биологических защитных веществ. По данным одних исследователей, применение в качестве профилактических защитных веществ глутатиона (⁵), цистеина (⁶) и некоторых других агентов ослабляет морфологические нарушения крови при лучевом воздействии (^{8,9}), тогда как другие авторы в аналогичных случаях, наблюдая благотворное влияние этих агентов на общее состояние облученных животных, не отмечали какого-либо улучшения в картине крови (¹⁰).

Актуальность и невыясненность этой проблемы побудили нас провести внимательные исследования изменений, наступающих в периферической крови животных под влиянием рентгеновского облучения в обычных условиях и при применении защитных и лечебных воздействий. В качестве профилактического защитного агента была использована окись углерода, для терапии был применен гомологичный костный мозг. Оба фактора вызывают отчетливое защитное влияние, выражающееся в повышении выживаемости и увеличении продолжительности жизни облученных животных (¹⁻¹⁵).

Исследование проведено на взрослых белых мышах, весом 18—20 г. Животные подвергались однократному общему воздействию рентгеновских лучей в дозах 700 и 1000 г при следующих условиях: напряжение 170 кв, сила тока 6 ма, фильтр 0,5 мм Cu + 0,75 мм Al, фокусное расстояние 20 см, мощность дозы при 700 г 65 г/мин. и при 1000 г 62 г/мин. При применении в качестве защитного агента окиси углерода мыши во время облучения находились в атмосфере, содержавшей 0,25—0,5 % СО. В других экспериментах на второй день после лучевого воздействия мышам внутривенно вводилась эмульсия костного мозга (из бедренных костей нормальных животных) в 0,5 мл физиологического раствора из расчета содержимого двух бедренных костей на одно животное.

Всего в опытах было использовано 324 мыши; 72 мыши облучались 700 г и 42 мыши 1000 г в обычных условиях (контроль); 96 мышей 700 г и 16 мышей 1000 г — в атмосфере, содержавшей окись углерода, и 16 животных облучались 700 г в опытах с введением эмульсии костного мозга. На каждый срок после облучения кровь бралась от 4—8 мышей. Для сопоставления исследовалась кровь от 27 нормальных необлученных животных. Анализ крови необлученных животных, находившихся такое же время,

как опытные, в атмосфере, содержащей окись углерода, не показал никаких отклонений от нормы).

Кровь бралась из хвостовой вены, и из нее готовились мазки, из которых изучалось изменение дифференциального состава белой крови. Мазки фиксировались метиловым спиртом и окрашивались азураном по Максимуму или по Гимза. Формула крови устанавливалась после подсчета 200 клеток от каждого животного. Одновременно в счетной камере Бюргера-Тюрка определялось число лейкоцитов и эритроцитов в 1 мм^3 .

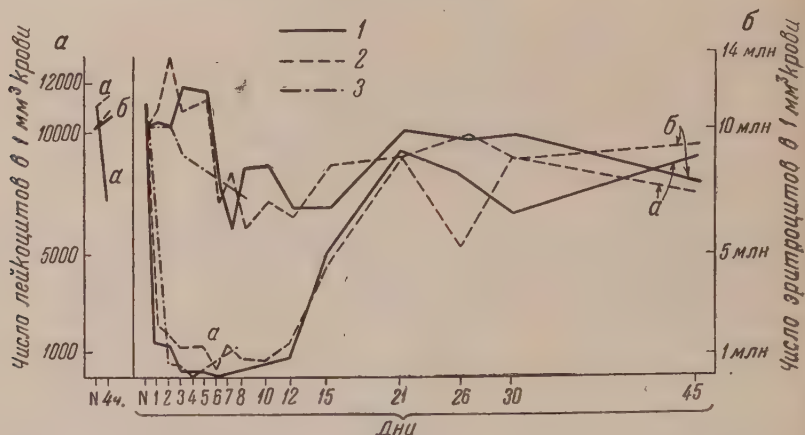


Рис. 1. Число лейкоцитов (а) и эритроцитов (б) в крови мышей в разные сроки после облучения ее 700 г. 1—облучение, 2—облучение в атмосфере CO , 3—облучение с последующим введением эмульсии костного мозга

В крови нормальных мышей содержится 78,6% агранулоцитов и 19,6% гранулоцитов. Общее число лейкоцитов в 1 мм^3 составляет в среднем 11 125, а эритроцитов 10 287 070.

Из рис. 1, 1 а видно, что при облучении 700 г уже через 4 часа после воздействия число лейкоцитов падает до 7125. Через сутки оно снижается до 1450 и достигает минимума на 3—7 сутки. Основная масса животных погибает через 7 дней после облучения, а у единичных выживающих мышей с 15-х суток начинается увеличение числа белых кровяных клеток, которое приближается к норме на 45 сутки после облучения.

Падение количества форменных элементов белой крови в ближайшие сроки после облучения происходит в основном за счет лимфоцитов, преобладающих в крови грызунов и имеющих наиболее короткий период жизни.

В отличие от этого, количество нейтрофилов значительно увеличивается в первые часы после воздействия (вдвое больше, чем в норме), и лишь через сутки отмечается отчетливое снижение их числа. Нормализация картины белой крови обычно отмечается, начиная с 15-х суток после облучения. Увеличение числа белых кровяных клеток идет за счет лимфоцитов и нейтрофилов, но восстановление последних происходит быстрее.

Уменьшение количества эритроцитов может быть отмечено в период между 6-ми и 15-ми сутками после воздействия и уже к 20-м суткам число эритроцитов приближается к норме (рис. 1, 1 б).

При облучении 1000 г в поведении белых кровяных клеток прослеживается та же закономерность, что и при 700 г. Через 4 часа после облучения число их в среднем уменьшается до 8793 и в дальнейшем продолжает неуклонно снижаться (рис. 2, 1а). Обращает на себя внимание то, что в одинаковые сроки после облучения и 700 и 1000 г количество белых кровяных клеток устанавливается на близких уровнях. На 4 сутки, т. е. к моменту гибели подопытных животных, число лейкоцитов достигает минимума (всего 1 в 1 мм^3).

К статье З. Н. Фалеевой, стр. 1007

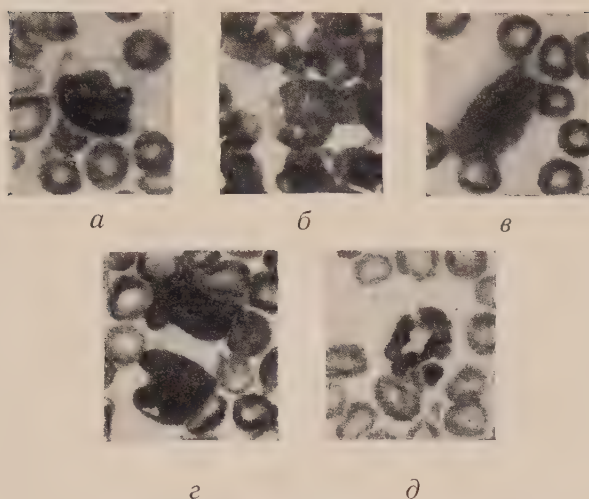


Рис. 3. Цитоморфологические изменения клеток крови после ее облучения: а — лимфоцит с деформированным ядром, б — вакуолизация цитоплазмы и ядра лимфоцита, в — деформация и смещение ядра к периферии клетки (лимфоцит), г — укрупненная клетка с двумя ядрами (лимфоцит), д — фрагментация ядра нейтрофила

К статье Н. А. Красильникова, А. Н. Белозерского,
Я. И. Раутенштейна, А. И. Кореняко, Н. И. Никитиной,
А. И. Соколовой, С. О. Урысон, стр. 1117



Рис. Спорозоиты (а) и споры (б) штамма № 15;
а — 150×, б — 1500×

Вместе с тем, количество эритроцитов не успевает заметно измениться за четырехдневный период жизни животных, облученных 1000 г (рис. 2, 1б).

Количественным изменениям клеток крови сопутствуют цитоморфологические изменения, которые выражаются в ближайшие сроки после воздействия в появлении лимфоцитов со слегка деформированными ядрами (рис. 3, а), а в более отдаленные сроки — лимфоцитов с пикнотическими ядрами и с вакуолизированными ядрами и цитоплазмой (рис. 3, б). Часто наблюдается смещение ядер к периферии клетки (рис. 3, в). Иногда лимфоциты сильно увеличены и содержат одно или два ядра, которые иногда соединены между собой перемычкой, но чаще свободно лежат в цитоплазме

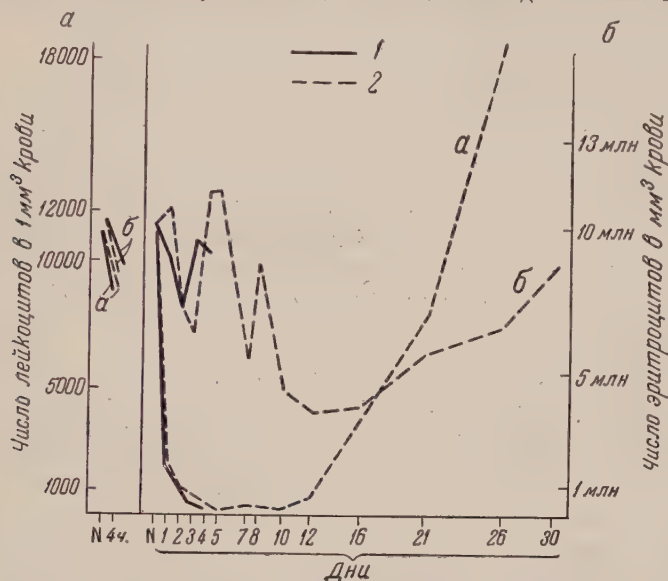


Рис. 2. Число лейкоцитов (а) и эритроцитов (б) в крови мышей в разные сроки после облучения ее 1000 г. 1—облучение, 2—облучение в атмосфере CO_2

рис. 3, г). Повреждения в нейтрофилах проявляются в очень сильной фрагментации ядра (рис. 3, д).

Надо отметить, что количество поврежденных клеток, по-видимому, достигает максимума в период наиболее интенсивного восстановления численности белых элементов периферической крови.

Для эритроцитов облученного организма характерна изменчивость размера и формы клеток.

При облучении 700 г в атмосфере, содержащей окись углерода, существенных отличий в поведении белых кровяных клеток не наблюдается (рис. 1, 2а). Через 4 часа после воздействия не наступало характерного для контроля падения числа лейкоцитов, но в последующие сроки кривая изменения их числа повторяла кривую, полученную на животных, облученных 700 г в обычных условиях. Через 4 часа у защищенных окисью углерода животных, так же как и у контрольных, обнаружено уменьшение числа лимфоцитов и кратковременное увеличение числа нейтрофилов, которое падает уже к 24 часам после воздействия. С этого момента снижение числа лимфоцитов и нейтрофилов идет параллельно.

Минимальное количество лейкоцитов отмечено на 6—10 сутки, т. е. несколько позже, чем в контроле. Но и здесь, как и в контроле, восстановительные процессы обнаруживаются только с 15-х суток. Они протекают приблизительно одинаковой скоростью, хотя в период падения числа клеток кривая, отображающая число лейкоцитов у защищенных животных, как правило, лежит выше, чем для контрольных, а в ходе процессов репарации обе кривые совпадают.

Уменьшение числа эритроцитов заметно на 6—12 сутки после облучения т. е. практически в те же сроки, что и в контроле.

При облучении 1000 г в атмосфере, содержащей окись углерода, характер изменений численности форменных элементов крови сходен с тем, что мы наблюдаем у контрольных животных (см. рис. 2). Все контрольные животные погибают на 3—4 сутки после воздействия, а животные, находящиеся к моменту облучения в атмосфере с окисью углерода, несмотря на то, что количество лейкоцитов у них в эти сроки не отличается от такового у погибающих контрольных мышей, в значительном проценте случаев выживают, и с 16 суток картина белой крови у них заметно улучшается. Это связано с развитием репарационных процессов в кроветворных органах (¹⁶). Поведение нейтрофилов и лимфоцитов у защищенных и контрольных животных заметно не различается.

У мышей, облученных 1000 г в атмосфере, содержащей окись углерода, устойчивое понижение числа эритроцитов имеет место между 7-ми и 26-ми сутками.

После облучения 700 г и последующего внутривенного введения эмульсии костного мозга количество лейкоцитов на 3—4 сутки уменьшается до значений, соответствующих таковым у контрольных животных (рис. 1, 3а). Восстановление начинается несколько раньше, чем в контроле, и протекает на уровне, характерном для животных, облученных 700 г в атмосфере с окисью углерода.

Падение числа эритроцитов у таких животных очень невелико и наблюдается на 8 сутки после облучения (рис. 1, 3б).

Цитологические изменения, возникающие в клетках крови облученных животных, имеют место и в случае применения защитных веществ. Они носят такой же характер, но количество поврежденных клеток белой красной крови у защищенных животных значительно меньше.

Из наших опытов следует, что динамика кровяных элементов, сравнительно мало связана с примененными дозами радиации. Так, лейкопения при 700 и 1000 г развивается одновременно и достигает приблизительно одинаковой степени, хотя жизнеспособность животных после воздействия этих двух доз радиации существенно различается. Применение защитных веществ, значительно повышающих выживаемость и продолжительность жизни животных, подвергнутых действию ионизирующей радиации, не отражается заметно на картине периферической крови, и изменения у защищенных и контрольных животных оказываются выраженными в одинаковой степени. Представленные материалы говорят о том, что картина периферической крови не всегда с достаточным основанием может быть использована для оценки общего состояния облученного организма.

Институт морфологии животных им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР

Поступило
10 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ З. К. Клейст-Павлова, Вестн. рентгенол. и радиол., **17**, 389 (1936).
² Л. О. Jacobson, E. K. Marks, G. Lorenz, Radiology, **52**, 3, 371 (1949).
³ А. П. Егоров, В. В. Бочкарев, Кроветворение и ионизирующая радиация, 1955.
⁴ М. Ф. Александрова, Булл. радиац. мед., **1**, 13 (1954). ⁵ E. Cronkite, G. Brecher, W. Chapman, Military Surgeon, **109**, 4, 294, (1951). ⁶ H. M. Patt, E. B. Tyree, R. L. Straube, D. E. Smith, Science, **110**, 213 (1949). ⁷ D. Hofmann, R. K. Kepp, G. Ochler, H. W. Vasterling, Strahlentherapie, **96**, 1, 1 (1955). ⁸ H. M. Patt, E. M. Douglas, E. Jackson, Blood, **5**, 8, 758 (1950). ⁹ R. Rosenthal, L. Goldschmidt, B. Pickering, Am. J. Physiol., **166**, 1, 15 (1951). ¹⁰ W. Lorenz, Strahlentherapie, **88**, 2, 190 (1952). ¹¹ P. Bonet-Maury, F. Patti, J. Radiol., Electrol., **35**, 11, 851 (1954). ¹² Э. Я. Граевский, Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии Изд. АН СССР, 1955. ¹³ E. B. Konecni, W. F. Taylor, S. S. Wilks, Radiat. Res., **3**, 2, 157 (1955). ¹⁴ M. Hilfinger, I. Ferguson, P. Riemenschneider, J. Lab. and Clin. Med., **42**, 4, 581 (1953). ¹⁵ M. C. Fishler, L. J. Cole, V. P. Bond, W. L. Milne, Am. J. Physiol., **177**, 2, 236 (1954). ¹⁶ Н. Ф. Баракина, Влияние рентгеновской радиации на кроветворение, Диссертация, М., 1955.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Л. С. СТИЛЬБАНС, Б. И. БОК и Э. Л. ЛИФШИЦ

**О МЕХАНИЗМЕ РАССЕЯНИЯ НОСИТЕЛЕЙ
В ТЕЛЛУРИСТОМ СВИНЦЕ**

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 24 VI (1956))

I. Согласно теории температурная зависимость подвижности в атомных полупроводниках должна иметь вид

$$\mu \sim T^{-3/2} \quad (1)$$

для ионных полупроводников (при температурах выше температуры Дебая)

$$\mu \sim T^{-1/2}. \quad (2)$$

Однако за последнее время исследован ряд материалов, для которых в широком интервале температур выполняется закон

$$\mu \sim T^{-1/2}, \quad (3)$$

переходящий при более низких температурах в закон (1). К таким материалам, в частности, принадлежат теллуристый, селенистый и сернистый свинец.

Если искать, как это обычно делается, зависимость длины свободного пробега электрона l от энергии ε и температуры в виде

$$l \sim \frac{\varepsilon^r}{T}, \quad (4)$$

то из (3) и (4) следует, что $r = -1$, вопреки предсказаниям теории, дающей для атомных полупроводников $r = 0$, а для ионных полупроводников $r = +1$.

О показателе степени r в зависимости длины свободного пробега от энергии можно судить также по ряду других явлений. Настоящая статья посвящена обсуждению этого вопроса на основе результатов исследования электронного теллуристого свинца.

II. На рис. 1 дана зависимость дифференциальной термо-эдс от числа носителей для ряда образцов электронного теллуристого свинца в широких интервалах концентраций, включающих как область применимости классической статистики, так и область вырождения. Для сравнения пунктиром построены теоретические зависимости согласно формулам

$$\alpha_{r=0} = \frac{k}{l} \left\{ 2 \frac{F_1(\mu^*)}{F_0(\mu^*)} - \mu^* \right\}; \quad \alpha_{r=-1} = \frac{k}{l} \{ (1 + e^{-\mu^*}) F_0(\mu^*) - \mu^* \}; \quad (5)$$

$$n = \left(\frac{m}{m_0} \right)^{3/2} \frac{4\pi}{h^3} (2m_0 kT)^{3/2} F_{1/2}(\mu^*) \quad (6)$$

для случая $r = 0$ и $r = -1$ в предположении $m = m_0$ (где $F(\mu^*)$ — интегралы Ферми; m и m_0 — эффективная масса и масса свободного электрона).

Как видно из рисунка, кривая для $r = -1$ совпадает с экспериментальной, если сдвинуть ее вдоль оси абсцисс на 0,3, т. е. положить $m = 0,63 m_0$.

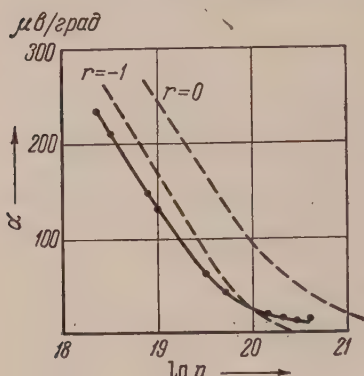


Рис. 1.

Соответственно кривая для $r = 0$ совпадает с экспериментальной при $m = 0,29 m_0$.

На рис. 2 дана зависимость подвижности от числа носителей *. Пунктирные построены теоретические кривые для $r = -1$ и $r = 0$ в соответствии со значениями эффективных масс, полученными выше. Как видно из рисунка, закон $r = -1$ дает слишком крутое падение подвижности с ростом концентрации, а $r = 0$ — слишком пологое. Однако, если принять во внимание, что при расчете теоретических кривых не было учтено рассеяние на ионах примеси, которое должно увеличивать наклон обеих кривых (так как с ростом числа носителей одновременно

растет и число ионов), то можно сделать вывод, что закон $r = 0$ лучше соответствует опытным данным.

Если подставить в выражение для постоянной Холла

$$R = - \frac{3}{emc} \cdot \frac{L_0}{L_1^2} \cdot \frac{1}{[1 + (\omega L_0 / L_1)^2]},$$

$$\left(\text{где } L_0 = \frac{2}{h^3} \int \frac{l^2}{1 + \varphi^2} \frac{\partial f_0}{\partial \varepsilon} d\tau, \quad L_1 = \frac{2}{h^3} \int \frac{l v}{1 + \varphi^2} \frac{\partial f_0}{\partial \varepsilon} d\tau, \quad \omega = \frac{eH}{mc}, \quad \varphi = \omega \frac{l}{v} \right)$$

величину $l \sim \varepsilon^{-1}$, то получаем, что постоянная Холла должна зависеть от магнитного поля даже в очень слабых полях, что также противоречит опытным данным (см. рис. 3).

Мы уже упоминали в начале статьи, что при низких температурах (3) переходит в (1). Если положить $l \sim \varepsilon^{-1}/T$ и предположить, что изменение в температурной зависимости подвижности объясняется вырождением, то температура, при которой один закон переходит в другой, должна определяться концентрацией носителей. В действительности же эта точка остается почти неизменной ⁽¹⁾ (для теллуристого свинца 150°K).

Согласно теории постоянная в законе Видемана и Франца для невырожденных носителей также должна зависеть от r :

$$\frac{\kappa_0}{\sigma} = (r + 2) \frac{k}{e^2} T, \quad (8)$$

где κ_0 — электронная теплопроводность; σ — электропроводность. Данные, полученные А. В. Иоффе и А. Ф. Иоффе ⁽²⁾, хорошо согласуются с (8) при $r = 0$.

III. Таким образом, имеется ряд довольно веских оснований, говорящих в пользу $r = 0$ и против $r = -1$. Остается сделать последний шаг,

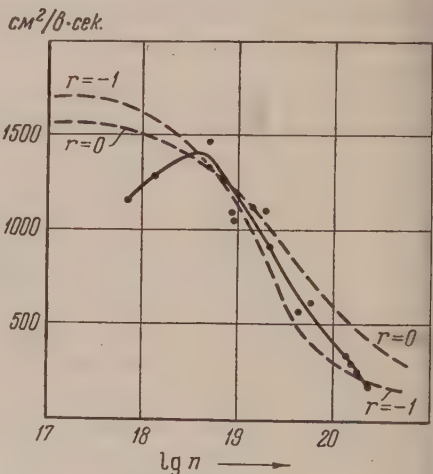


Рис. 2.

* Часть точек на этой кривой построена по данным Т. Л. Ковальчик.

е. согласовать $r=0$ с температурной зависимостью подвижности $\mu \sim T^{-5/2}$ в области высоких температур и $\mu \sim T^{-3/2}$ в области низких температур. Единственный выход, представляющийся нам возможным, — это предположить, что только в области низких температур длина свободного пробега электрона ограничивается столкновениями с участием одного фонона. Вероятность их столкновений растет пропорционально температуре, и в соответствии с этим $\mu \sim T^{-1}$ и $\mu \sim T^{-3/2}$. При высоких же температурах основную роль начинают играть фононные столкновения. Сначала упругие столкновения с участием одного фонона — вероятность их растет пропорционально квадрату температур; в соответствии с этим $\mu \sim T^{-2}$ и $\mu \sim T^{-5/2}$. В дальнейшем подъеме температуры берет верх вероятность трехфононных столкновений и т. д.

Действительно, среди данных Путли⁽³⁾ имеются случаи, когда закон $\mu \sim T^{-5/2}$ в области высоких температур переходит в закон $\mu \sim T^{-7/2}$. Отметим в заключение, что уже ранее к аналогичным выводам из этих соображений пришел ряд авторов⁽⁴⁾.

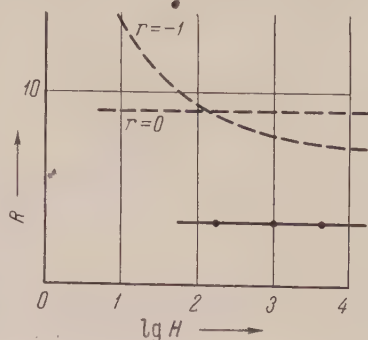


Рис. 3. Зависимость постоянной Холла от поля (в относительных единицах)

Институт полупроводников
Академии наук СССР

Поступило
17 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Ф. Иоффе, Л. С. Стильбанс, Е. К. Иорданишвили, Т. С. Савицкая, термометрическое охлаждение. Изд. АН СССР, 1956.
² Ф. Иоффе, А. В. Иоффе Изв. АН СССР, сер. физ. **20**, № 1 (1956). ³ Putley, C., Phys. Soc., **68**, part 1, No 421 B, 22 (1955). ⁴ Ch. E n z., Physica, **20**, No 11, 983 (1954); H. H a k e n, Zs. f. Phys. **139**, No 1, 66 (1954).

В. П. ФРОНТАСЬЕВ

О ХАРАКТЕРЕ ПОЛИТЕРМЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ В ОБЛАСТИ ОТ 10 ДО 60°

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 18 VIII 1956)

На политермах ряда физических свойств воды (плотности, сжимаемости, теплоемкости и др.) имеются известные аномалии. Анализ экспериментальных данных по теплопроводности воды показывает, что в связи со значительными экспериментальными трудностями, возникающими при определении теплопроводности жидкостей вообще, и недостаточной точности измерений, данные разных авторов по теплопроводности воды существенно отличаются друг от друга. Поэтому тщательное исследование политермы теплопроводности воды на основе новых, более точных измерений представляет значительный интерес. В этих целях и было предпринято исследование теплопроводности воды новым, оптическим методом в температурном интервале от 10 до 60°.

Идея метода принадлежит А. Ф. Иоффе. По существующей классификации этот метод должен быть отнесен к методам плоского слоя, но от обычных модификаций подобных методов он отличается тем, что температурный градиент определяется оптическим путем непосредственно в слое испытуемой жидкости, измерение количества тепла, прошедшего через жидкость, производится калориметрическим способом.

Таблица 1*

Т-ра в °	$\lambda \cdot 10^5$ эксп.	$\lambda \cdot 10^5$ выч.	$\frac{\lambda_{\text{выч}} - \lambda_{\text{эксп}}}{\lambda_{\text{эксп}}} \cdot 100$
10,6	138,7	138,3	— 0,3
15,4	141,2	140,7	— 0,4
20,7	142,8	143,4	+ 0,4
25,7	145,8	145,9	+ 0,1
30,3	147,2	148,2	+ 0,7
32,4	147,6	149,2	+ 1,1
35,3	148,4	150,7	+ 1,5
37,4	151,8	151,7	— 0,1
40,1	153,2	153,1	— 0,1
50,0	158,1	158,0	— 0,1
60,4	159,7	163,2	+ 2,2

* Коэффициент теплопроводности λ везде дается в единицах CGS.

8,36°/см. Тепловой поток, проходящий через слой воды, помещенный между нагревателем и холодильником, составлял $\sim 0,13$ кал/сек. Все это создавало условия, позволяющие получать значения теплопроводности, очень близкие к истинной теплопроводности при данной температуре. В полученную экспериментальную величину теплопроводности вносилась только одна поправка на теплопроводность стенок кюветы из слюды; эта поправка при всех измерениях не превышала 0,3%. Точность измерений была $\pm 0,5\%$.

Измерения теплопроводности воды были проведены двумя сериями; последняя серия измерений в температурном интервале от 30 до 40° была проведена через каждые 2,5°. Результаты повторных измерений в пределах

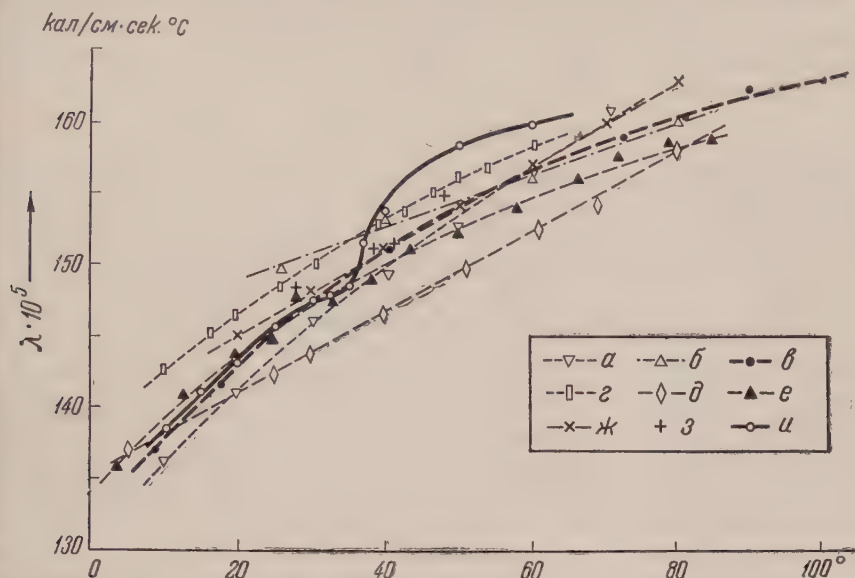


Рис. 1. Температурная зависимость теплопроводности воды по данным различных авторов: а — (10); б — (11); в — (4); г — (5); д — (6); е — (7); ж — (8); з — (12); и — результаты автора.

точности метода совпали с полученными ранее. Результаты измерений приведены в табл. 1 и сопоставлены на рис. 1 с данными других авторов (каждая из величин, приведенных во втором столбце табл. 1, представляет собой среднее из измерений различных проб).

Сопоставление полученных экспериментальных величин λ с литературными данными для ряда температур дает хорошее согласие с наиболее достоверными значениями (табл. 2). Для 30° значение λ сравнивается со средним из результатов измерений по 3 источникам. В этих целях нами использована работа (3), где дана сводная таблица известных из литературы до 1931 г. значений λ воды при 30° по данным 18 авторов (среднее $\lambda = 147,2 \times 10^{-5}$) и, кроме того, учтены результаты измерений последующих исследований (4-9).

Полученное из всех литературных данных среднее значение λ для 30° казалось равным $147,2 \cdot 10^{-5}$, тогда как по нашим измерениям (среднее из 11 опытов) $\lambda = 147,1 \cdot 10^{-5}$. Для 0° значение $\lambda = 142,5 \cdot 10^{-5}$ близко величине $143 \cdot 10^{-5}$, принятой в настоящее время за наиболее достоверное значение. Наконец, для 0° среднее значение λ , полученное путем экстраполяции из литературных данных, равно $134,4 \cdot 10^{-5}$, в то время как

Таблица 2

Лит. источ- ник	0°	20°	30°	Метод измерения
	$\lambda \cdot 10^5$, кал/см · сек			
(10)*	132,0	140,6	—	Плоск. слоя Коаксиальн. цилиндров
(4)*	133,0	143,1	147,5	
(5)*	139,0	146,0	150,0	Плоск. слоя То же
(6)*	135,0	141,3	143,7	
(7)*	133,0	143,5	147,0	" "
(9)	—	143,3	—	
(8)	—	145,0	148,0	
Средн.	134,4	143,3	147,2	
Изме- рения авто- ра	132,5	142,5	147,1	

* За исключением температуры 0° λ интерполировано из экспериментальных величин автора.

экстраполяция из наших данных дает для $0^\circ \lambda = 132,5 \cdot 10^{-5}$. Все это позволяет считать, что полученные данные являются достаточно точными и надежными.

Как видно из результатов измерений, политерма воды в температурном интервале от 10 до 60° имеет сложный характер и не может быть строго выражена линейным законом, но наиболее близко экспериментальные точки расположены к прямой с уравнением

$$\lambda_t = (1330 + 5t) \cdot 10^{-6}.$$

Вычисленные по этому уравнению значения λ даны в табл. 1. Из сопоставления экспериментально найденных и вычисленных значений видно, что наибольшие отклонения наблюдаются в области от 30 до $37,5^\circ$. Эти отклонения лежат, безусловно, за пределами ошибок опыта.

Сравнение с результатами других авторов показывает, что на участке $10-30^\circ$ найденная политерма близка к политерме в Шмидта и Зельшопфа (расхождение по пяти точкам не превышает $0,4\%$). Приблизительно при $t = 30^\circ$ она пересекает политерму в и далее обращена выпуклостью к оси температур; в интервале от 35 до 45° происходит крутой подъем. Прирост на участке $30-35^\circ$ составляет $+0,16\%$ на градус, а на участке $35-40^\circ$ он достигает $+0,68\%$ на градус, т. е. в четыре раза больше. При подъеме кривая вторично пересекает сравниваемую политерму и далее обращена к оси температур вогнутостью. При температурах $>50^\circ$ найденная политерма снова приближается к политерме в.

Таким образом, для воды, наряду с аномалиями на политермах таких свойств, как плотность, сжимаемость, теплоемкость и др., имеет место аномалия в поведении политермы теплопроводности.

Ненормально высокое значение λ для воды и рост ее теплопроводности с повышением температуры ставят в связь с особенностями ее молекуляр-

Таблица 3

Т-ра в $^\circ$	Собствен. измер.	Эйген ⁽¹³⁾
20	0,00143	0,00143
40	0,00153	0,00152
60	0,00160	0,00161

ной структуры и дополнительным к обычному для всех жидкостей механизму теплопроводности переносом тепла за счет «энергии диссоциации» водородных связей⁽¹³⁾. Можно предположить, что в области $30-40^\circ$ происходит существенное изменение в структуре воды, которое отражается в указанной аномалии на политерме теплопроводности. В этой связи целесообразно указать, что вы-

числения Эйгеном теоретически значения для λ воды находятся в лучшем согласии с найденными экспериментальными значениями, чем данные других авторов. К сожалению, в области интересующего нас интервала температур у Эйгена имеются лишь три значения (сопоставление см. табл. 3).

Представляет интерес произвести теоретический подсчет для λ в области 35° .

Саратовский государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского

Поступило
27 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. П. Фронтасьев, ЖФХ, **20**, 91 (1946).
- ² В. П. Фронтасьев, З. вод. лаб., № 7, (1956).
- ³ O. K. Bates, Ind. and Eng. Chem., **25**, 4, 431 (1933).
- ⁴ E. Schmidt, W. Sellschopp, Forsch. **5**, № 4, 162 (1932).
- ⁵ L. H. Marti K. C. Lang, Proc. Phys. Soc., **45**, 523, (1933).
- ⁶ S. Nikiyama, Y. Yoshizawa, J. Mech. Eng. Japan., **37**, 206, 437 (1934).
- ⁷ H. Fater, Das Wärmeleitvermögen von Wasser im Temperaturbereich von 4°C bis 85°C , Dissertation, Leipzig, 1936.
- ⁸ O. K. Bates, Hazard, Ind. and Eng. Chem., **37**, 194 (1945).
- ⁹ L. Reidel, Forsch. **1**, № 6, 340 (1940).
- ¹⁰ M. Jakob, Ann. d. Phys., **63**, 537 (1920).
- ¹¹ G. W. Kaye, W. Higgins, Proc. Roy. Soc., A **117**, 459 (1928).
- ¹² Д. Л. Тимрот, И. Б. Варгасник, Изв. ВТИ, № 7 (1940).
- ¹³ M. Eigen, Zs. f. Elektrochem., **56**, 3, 176 (1952).

А. Ш. БЛОХ

СИНТЕЗ КОНТАКТНЫХ (p, q) -ПОЛЮСНИКОВ

(Представлено академиком С. Л. Соболевым 13 VII 1956)

1. Имеем контактный (p, q) -полюсник \tilde{F} от n различных контактов x_1, x_2, \dots, x_n .

Как известно ⁽¹⁾, схеме \tilde{F} можно поставить в соответствие матрицу F порядка (p, q) (p строк и q столбцов), элементы которой a_{ik} означают проводимость между i -м входом и k -м выходом и являются функциями контактов: $a_{ik} = a_{ik}(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Переменные x_i принимают только два значения: нуль и единица. Пусть x принимает значения, противоположные x .

Матрицу-функцию $F = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ можно разложить на консти-
туенты единицы

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{v_i=0}^1 F(v_1, v_2, \dots, v_n) x_1^{(v_1)} x_2^{(v_2)} \dots x_n^{(v_n)}, \quad (1)$$

где $x^{(1)} = x, x^{(0)} = \bar{x}$.

Если занумеровать различные коэффициенты $F(v_1, v_2, \dots, v_n)$ и в разложении (1) заменить матричные коэффициенты соответствующими номерами $(0; 1; 2; \dots; (m-1))$, то получим скалярную функцию

$$s = \sum_{v_i=0}^1 b_{v_1, v_2, \dots, v_n} x_1^{(v_1)} x_2^{(v_2)} \dots x_n^{(v_n)} \quad (0 \leq s \leq m-1).$$

Функцию s можно считать промежуточным аргументом для матрицы-функции F . В дальнейших рассуждениях будем считать, что матрица F зависит от переменной s , которая в свою очередь зависит от x_1, x_2, \dots, x_n .

Итак,

$$F = F(s), \quad s = s(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (0 \leq s \leq m-1). \quad (2)$$

Заметим, что выбор s неоднозначен. Он обуславливается только одним условием: разным значениям матрицы F должны соответствовать разные значения s . Обычно по условиям работы схемы можно сразу подобрать s . Например, для симметрической схемы можно взять

$$s = x_1 + x_2 + \dots + x_n^*.$$

2. Обозначим через R матрицу порядка (p, qm) , составленную по $F(s)$ следующим образом:

$$R = \{F(0), F(1), \dots, F(m-1)\}. \quad (3)$$

* Сложение обычное.

Определим матрицы A и B :

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & E \\ E & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & E & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & & E & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} E \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix},$$

где E — единичная матрица порядка (q, q) .

Очевидно, что A порядка (mq, mq) ; B порядка (mq, q) . Имеет место следующее основное равенство

$$F(S) = R \cdot A^s \cdot B. \quad (4)$$

Доказательство очевидно. (Напомним, что s — целое число). Если в матрице R циклически переставить составляющие $F(S)$ так, чтобы $F(0)$ попало на r -е место, то в матрице B единичную матрицу E следует сместить в r -ю строку.

Назовем матрицу R правильной, если каждый выход схемы \tilde{R} соединен не более чем с одним входом. В равенстве (4) можно всегда считать, что матрица R правильная, ибо можно в матрице $F(s)$ те выходы, которые соединены с k входами, считать k раз, а затем эти выходы объединить.

3. Перейдем к изложению методики синтеза контактных (p, q) -полусоединков. Иная методика разработана Г. Н. Поваровым⁽²⁾. В основу метода кладем равенство (4). Так как произведение матриц реализуется как последовательное соединение схем, то схему $F(s)$ можно реализовать последовательным соединением схемы \tilde{R} (рабочей части схемы \tilde{F}) и схемы \tilde{A}^s (контактной части схемы \tilde{F}), причем импульсы снимаются с первых

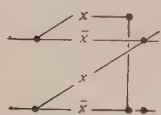


Рис. 1

$q' = r/m$ выходов (r — число столбцов матрицы R), которые затем объединяются точно так, как были разъединены, чтобы матрица R была правильной. Так как матрица R правильная, то мы не получаем дополнительных связей в схемах $F(s)$.

Итак: реализация $F(s)$ свелась к реализации матрицы $A^s(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Реализация последней получается весьма просто, если заметить, что

$$A^{Bx} = xA^B + \bar{x}E.$$

Полученную таким образом схему \tilde{F} можно упростить, отбрасывая оставшиеся нулевые выходы. Отбрасываются также и нулевые входы контактной части (нулевые выходы рабочей схемы \tilde{R}).

Рассмотрим несколько примеров.

Пример 1. Электрическая цепь разрывается, если четное число контактов замкнуто.

Очевидно, что $s = x_1 + x_2 + \dots + x_n \pmod{2}$ ($0 \leq s \leq 1$) и что $F(0) = 0$, $F(1) = 1$. Следовательно, $R = \{0; 1\}$. Контактная часть $A^s = A^{\sum x_v} = \prod_{v=1}^n A^{x_v}$.

Следовательно, $A^s = \prod_{v=1}^n (x_v A + \bar{x}_v E)$, где $A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, $E = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$. Так как $xA + \bar{x}E$ реализуется схемой (см. рис. 1), то решением будет являться схема \tilde{F} (рис. 2).

Во многих случаях целесообразно ввести несколько промежуточных аргументов s_1, s_2, \dots, s_k . Тогда синтез приводим последовательно по каждому аргументу по такой схеме: $F(s_1, s_2, \dots, s_k) = R_1(s_2, s_3, \dots, s_k) \times A_1^{s_1} \cdot B_1$; $R_1(s_2, \dots, s_k) = R_2(s_3, \dots, s_k) \cdot A_2^{s_2} \cdot B_2$ и т. д.

Значительное упрощение получаем тогда, когда разные s_k зависят от различных контактов.

Пример 2. Будем говорить, что имеет место инверсия в порядке следования аргументов x_1, x_2, \dots, x_n , если $x_i > x_{i+1}$ (т. е. если $x_i = 1$,

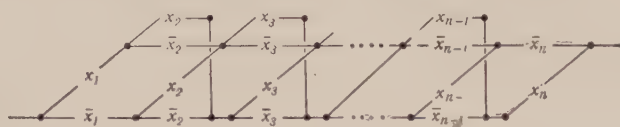


Рис. 2

$x_{i+1} = 0$). Построим схему, разрывающую электрическую цепь в случае хотя бы одной инверсии.

Возьмем $s_k = x_k x_{k+1}$ ($0 \leq s_k \leq 1$; $k = 1, 2, \dots, n-1$). Функция схемы $F(s_1, s_2, \dots, s_{n-1})$ обращается в нуль, если хоть одно $s_k = 1$.

$F(s_1, s_2, \dots, s_{n-1}) = R_1(s_2, \dots, s_{n-1}) \cdot A_1^{s_1} \cdot B_1$, где $A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, $B = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$, $R_1(s_2, \dots, s_{n-1}) = \{F_1(s_2, \dots, s_{n-1}); F_2(s_2, \dots, s_{n-1})\}$. Очевидно, что $F_2(s_2, \dots, s_{n-1}) = F(1, s_2, \dots, s_{n-1}) = 0$. Поэтому $R_1(s_2, \dots, s_{n-1}) = \{F(s_2, \dots, s_{n-1}); 0\}$.



Рис. 3

Задача свелась к реализации функции $F_1(s_2, \dots, s_{n-1})$, и т. д. В конечном итоге получаем схему с $2(n-1)$ контактами (см. рис. 3). В статье (1) указана реализация этой схемы с $3n$ контактами.

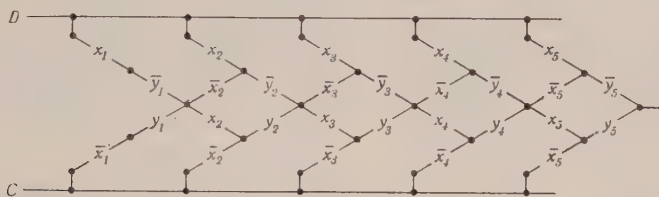


Рис. 4

Пример 3. Укажем еще на схему (см. рис. 4) сравнения n -значных двоичных чисел с $6n-2$ контактами, полученную по указанному методу.

Если $x > y$, срабатывает D ; если $x < y$, срабатывает C . В статье (2) схема сравнения двоичных чисел реализована с $10n-6$ контактами.

Поступило
9 XI 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. Л. Цетлин, ДАН, 86, № 3 (1952). ² Г. Н. Поваров, ДАН, 100, № 5 (1955).

С. В. СТРАХОВ

УРАВНЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ ОТНЕСЕННЫЕ К КООРДИНАТНЫМ ОСЯМ, ВРАЩАЮЩИМСЯ С ПРОИЗВОЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ

(Представлено академиком В. С. Кулебакиным 6 VII 1956)

Применение фазных координат для записи уравнений переходных электромеханических процессов синхронной машины нецелесообразно.

Причина этого лежит в том, что периодические функции угла $\theta = \int_0^t \omega dt +$ между магнитной осью фазы a статора и продольной осью d ротора (с

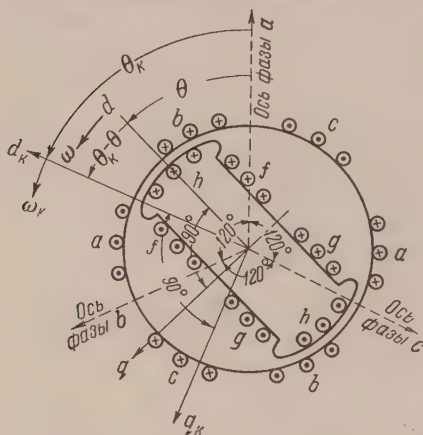


Рис. 1

рис. 1) входят в уравнения, связывающие потокоцепления статора ротора с их токами, и в уравнение электромагнитного момента машины.

Парк (1) ввел замену переменных в вышеуказанных уравнениях, позволяющую исключить из них периодические функции угла θ . С геометрической точки зрения эта замена истолковывается как отнесение уравнений синхронной машины к координатным осям, вращающимся с той же скоростью, что и ротор, т. е. косям, жестко связанным с ротором. При этом в случае постоянной скорости ротора эти уравнения преобразуются в уравнения с постоянными коэффициентами, что весьма облегчает исследование переходных процессов в синхронной машине.

Однако возникает вопрос о том, могут ли быть исключены периодические коэффициенты из уравнений синхронной машины при отнесении ее уравнений к осям, вращающимся со скоростью, не равной скорости ротора, и, вообще говоря, с произвольной скоростью.

Для решения этого вопроса при обычных допущениях, принимаемых в работах такого рода (2-4), рассмотрим явнополюсную синхронную машину, присоединенную к сети (см. рис. 2), фазные напряжения которой u_{ca} , u_{cb} , u_{cc} ; фазные токи статора i_{ca} , i_{cb} , i_{cc} ; напряжения на зажимах обмотки возбуждения u_f , продольной успокоительной обмотки u_g и поперечной успокоительной обмотки u_h и токи этих обмоток, соответственно, i_f , i_g и i_h . Расположение обмоток показано на рис. 1. Положительные направления токов относительно одноименных зажимов обмоток показаны на рис. 3.

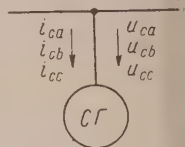


Рис. 2

Запишем в матричной форме уравнения закона Ома и потокосцеплений статора и обмоток ротора

$$\begin{aligned} [u_c] &= r_c [i_c] + \frac{d[\psi_c]}{dt}; & [u_p] &= [R_{pp}] [i_p] + \frac{d[\psi_p]}{dt}; \\ [\psi_c] &= [L_{cc}] [i_c] + [M_{cp}] [i_p]; & [\psi_p] &= [M_{pc}] [i_c] + [L_{pp}] [i_p], \end{aligned} \quad (1)$$

де

$$[L_{cc}] = \begin{bmatrix} L_{ca} \\ L_{cb} \\ L_{cc} \end{bmatrix}; \quad [u_p] = \begin{bmatrix} u_f \\ u_g \\ u_h \end{bmatrix}; \quad [R_{pp}] = \begin{bmatrix} r_f & 0 & 0 \\ 0 & r_g & 0 \\ 0 & 0 & r_h \end{bmatrix}; \quad [L_{pp}] = \begin{bmatrix} L_f & M_{fg} & 0 \\ M_{fg} & L_g & 0 \\ 0 & 0 & L_h \end{bmatrix}; \quad (2)$$

$$[L_{cc}] = \begin{bmatrix} L_a & M_{ab} & M_{ac} \\ M_{ab} & L_b & M_{bc} \\ M_{ac} & M_{bc} & L_c \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} L_{cp} + L_m \cos 2\theta & -M_{cp} + M_0 \cos (2\theta - 120^\circ) & -M_{cp} + M_0 \cos (2\theta + 120^\circ) \\ -M_{cp} + M_0 \cos (2\theta - 120^\circ) & L_{cp} + L_m \cos (2\theta + 120^\circ) & -M_{cp} + M_0 \cos 2\theta \\ -M_{cp} + M_0 \cos (2\theta + 120^\circ) & -M_{cp} + M_0 \cos 2\theta & L_{cp} + L_m \cos (2\theta + 120^\circ) \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$$[M_{cp}] = [M_{pc}] = \begin{bmatrix} M_f \cos \theta & M_g \cos \theta & -M_h \sin \theta \\ M_f \cos (\theta - 120^\circ) & M_g \cos (\theta - 120^\circ) & -M_h \sin (\theta - 120^\circ) \\ M_f \cos (\theta + 120^\circ) & M_g \cos (\theta + 120^\circ) & -M_h \sin (\theta + 120^\circ) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Здесь L_f, L_g, L_h — индуктивности обмотки возбуждения, продольной и поперечной успокоительных обмоток; M_{fg} — взаимная индуктивность обмотки возбуждения и продольной (успокоительной) обмотки; M_f, M_g, M_h — максимальные значения взаимной индукции фазы статора с обмоткой возбуждения, продольной и поперечной успокоительными обмотками.

Вводим матрицы статорного $[A_c]$ и роторного $[A_p]$ преобразований:

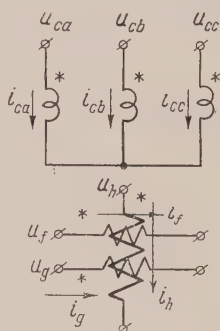


Рис. 3

$$[A_c] = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta_k & \cos (\theta_k - 120^\circ) & \cos (\theta_k + 120^\circ) \\ -\sin \theta_k & -\sin (\theta_k - 120^\circ) & -\sin (\theta_k + 120^\circ) \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix}; \quad (5)$$

$$[A_p] = \begin{bmatrix} \cos (\theta_k - \theta) & \cos (\theta_k - \theta) & \sin (\theta_k - \theta) \\ -\sin (\theta_k - \theta) & -\sin (\theta_k - \theta) & \cos (\theta_k - \theta) \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Здесь

$$\theta_k = \int_0^t \omega_k dt + \theta_{k0}, \quad \frac{d\theta_k}{dt} = \omega_k \quad (7)$$

θ_k — угол между продольной осью d_k системы координат, вращающейся произвольной угловой скоростью ω_k , и магнитной осью фазы a статора (рис. 1).

Эти матрицы позволяют связать величины напряжений, токов и потокосцеплений статора и ротора до и после преобразования. Матрицы всех величин после преобразования мы отметим штрихом:

$$[u'_c] = \begin{bmatrix} u_{cd} \\ u_{cq} \\ u_{c0} \end{bmatrix} = [A_c] [u_c]; \quad [u'_p] = \begin{bmatrix} u_{pd} \\ u_{pq} \\ u_{p0} \end{bmatrix} = [A_p] [u_p]. \quad (1)$$

Примем, как обычно^(2,3), что

$$L_m = M_0. \quad (2)$$

Для преобразования уравнений закона Ома и потокосцеплений статора умножим слева обе части (1) для $[u_c]$ и $[\psi_c]$ на $[A_c]$. С учетом (2) и (3) получим

$$[u'_c] = r_c [i'_c] + \frac{d[\psi'_c]}{dt} + \begin{bmatrix} -\psi_{cq} \\ \psi_{cd} \\ 0 \end{bmatrix} \frac{d\theta_k}{dt}; \quad [\psi'_c] = [L'_{cc}] [i'_c] + [M'_{cp}] [i'_p], \quad (4)$$

где

$$[L'_{cc}] = [A_c] [L_{cc}] [A_c^{-1}] = \begin{bmatrix} L_{cp} + M_{cp} + \frac{3}{2} M_0 \cos 2(\theta_k - \theta) & -\frac{3}{2} M_0 \sin 2(\theta_k - \theta) & 0 \\ -\frac{3}{2} M_0 \sin 2(\theta_k - \theta) & L_{cp} + M_{cp} - \frac{3}{2} M_0 \cos 2(\theta_k - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & L_0 \end{bmatrix}; \quad (5)$$

$$[M'_{cp}] = [A_c] [M_{cp}] [A_p^{-1}] = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} M_1 + M_2 \cos 2(\theta_k - \theta) & -M_2 \sin 2(\theta_k - \theta) & 2(M_f - M_g) \cos(\theta_k - \theta) \\ -M_2 \sin 2(\theta_k - \theta) & M_1 - M_2 \cos 2(\theta_k - \theta) & -2(M_f - M_g) \sin(\theta_k - \theta) \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad (6)$$

$[A_c^{-1}]$ и $[A_p^{-1}]$ — обратные матрицы статорного и роторного преобразований; $L_0 = L_{cp} - 2M_{cp}$ — индуктивность нулевой последовательности статора.

$$M_1 = M_f + M_g + 2M_h, \quad M_2 = M_f + M_g - 2M_h. \quad (7)$$

Для преобразования уравнений закона Ома и потокосцеплений ротора умножим слева обе части (1) для $[u_p]$ и $[\psi_p]$ на $[A_p]$. С учетом (8) получим

$$[u'_p] = [R'_{pp}] [i'_p] + \frac{d[\psi'_p]}{dt}; \quad [\psi'_p] = [M'_{pc}] [i'_c] + [L'_{pp}] [i'_p], \quad (8)$$

где

$$[R'_{pp}] = [A_p] [R_{pp}] [A_p^{-1}] = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} r_1 + r_2 \cos 2(\theta_k - \theta) & -r_2 \sin 2(\theta_k - \theta) & 2(r_f - r_g) \cos(\theta_k - \theta) \\ -r_2 \sin 2(\theta_k - \theta) & r_1 - r_2 \cos 2(\theta_k - \theta) & -2(r_f - r_g) \sin(\theta_k - \theta) \\ 2(r_f - r_g) \cos(\theta_k - \theta) & -2(r_f - r_g) \sin(\theta_k - \theta) & 2(r_f + r_g) \end{bmatrix}; \quad (9)$$

$$r_1 = r_f + r_g + 2r_h, \quad r_2 = r_f + r_g - 2r_h; \quad (10)$$

$$[M'_{pc}] = [A_p] [M_{pc}] [A_c^{-1}] = \frac{3}{4} \begin{bmatrix} M' + M'' \cos 2(\theta_k - \theta) & -M'' \sin 2(\theta_k - \theta) & 0 \\ -M'' \sin 2(\theta_k - \theta) & M' - M'' \cos 2(\theta_k - \theta) & 0 \\ 2(M_f - M_g) \cos(\theta_k - \theta) & -2(M_f - M_g) \sin(\theta_k - \theta) & 0 \end{bmatrix}; \quad (11)$$

$$M' = M_f + M_g + M_h, \quad M'' = M_f + M_g - M_h; \quad (12)$$

$$[L'_{pp}] = [A_p] [L_{pp}] [A_p^{-1}] = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} L' + L'' \cos 2(\theta_k - \theta) & -L'' \sin 2(\theta_k - \theta) & (L_f - L_g) \cos(\theta_k - \theta) \\ -L'' \sin 2(\theta_k - \theta) & L' - L'' \cos 2(\theta_k - \theta) & -(L_f - L_g) \sin(\theta_k - \theta) \\ (L_f - L_g) \cos(\theta_k - \theta) & -(L_f - L_g) \sin(\theta_k - \theta) & L_f + L_g - 2M_{fg} \end{bmatrix}; \quad (13)$$

$$L' = \frac{1}{2}(L_f + L_g + 2L_h + 2M_{fg}), \quad L'' = \frac{1}{2}(L_f + L_g - 2L_h + 2M_{fg}). \quad (14)$$

Далее, отбрасываясь от известного выражения электромагнитного момента

$$T = \frac{1}{2} [i_t] \frac{d[L]}{d\theta} [i], \quad \text{где } [i] = \begin{bmatrix} i_c \\ i_p \end{bmatrix}, \quad [L] = \begin{bmatrix} L_{cc} & M_{cp} \\ M_{pc} & L_{pp} \end{bmatrix}, \quad (21)$$

ле преобразований получим

$$T = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} i'_{ct} & i'_{pt} \end{bmatrix} \frac{\begin{bmatrix} A_{ct}^{-1} \end{bmatrix} \frac{d[L_{cc}]}{d\theta} \begin{bmatrix} A_c^{-1} \end{bmatrix} [i'_c] + \begin{bmatrix} A_{ct}^{-1} \end{bmatrix} \frac{d[M_{cp}]}{d\theta} \begin{bmatrix} A_p^{-1} \end{bmatrix} [i'_p]}{\begin{bmatrix} A_{pt}^{-1} \end{bmatrix} \frac{d[M_{cp}]}{d\theta} \begin{bmatrix} A_c^{-1} \end{bmatrix} [i'_c]}, \quad (22)$$

и окончательно:

$$= \frac{3}{16} [i_{cd}, i_{cq}, i_{c0}, i_{pd}, i_{pq}, i_{p0}] \times \begin{bmatrix} 4(L_d - L_q) \sin 2(\theta_k - \theta) & 4(L_d - L_q) \cos 2(\theta_k - \theta) & 0 \\ 4(L_d - L_q) \cos 2(\theta_k - \theta) & -4(L_d - L_q) \sin 2(\theta_k - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ M_2 \sin 2(\theta_k - \theta) & M_1 + M_2 \cos 2(\theta_k - \theta) & 0 \\ -M_1 + M_2 \cos 2(\theta_k - \theta) & -M_2 \sin 2(\theta_k - \theta) & 0 \\ 2(M_f - M_g) \sin(\theta_k - \theta) & 2(M_f - M_g) \cos(\theta_k - \theta) & 0 \\ M_2 \sin 2(\theta_k - \theta) & -M_1 + M_2 \cos 2(\theta_k - \theta) & 2(M_f - M_g) \sin(\theta_k - \theta) \\ M_1 + M_2 \cos 2(\theta_k - \theta) & -M_2 \sin 2(\theta_k - \theta) & 2(M_f - M_g) \cos(\theta_k - \theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{cd} \\ i_{cq} \\ i_{c0} \\ i_{pd} \\ i_{pq} \\ i_{p0} \end{bmatrix}, \quad (23)$$

$$L_d = L_{cp} + M_{cp} + \frac{3}{2} M_0, \quad L_q = L_{cp} + M_{cp} - \frac{3}{2} M_0 \quad (24)$$

синхронные индуктивности статора по продольной и поперечной осям. Теперь к полученным выше уравнениям напряжений и потокосцеплений статора (10) и ротора (14), добавим уравнение движения ротора:

$$T_o - T = J \frac{d^2 \theta}{dt^2} = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (25)$$

T_o — момент первичного двигателя; J — момент инерции ротора синхронного генератора, вала турбины и вращающихся вместе с ними частей. Таким образом мы получили 11 уравнений (10), (14) и (25), связывающих 11 неизвестных; $i_{cd}, i_{cq}, \psi_{cd}, \psi_{cq}, i_{pd}, i_{pq}, i_{p0}, \psi_{pd}, \psi_{pq}, \psi_{p0}$ и θ , поскольку уравнения, связывающие напряжения, токи и потокосцепления нулевой последовательности статора $u_{c0}, i_{c0}, \psi_{c0}$, решаются отдельно от остальных уравнений (см. 10) — (12)). Решение полученной системы уравнений одним численных методов, а всего целесообразнее — с помощью интегратора, позволяет рассчитать любые переходные электромеханические процессы синхронной машины.

Итак, мы показали, что при отнесении исходных уравнений синхронной машины к координатным осям, вращающимся с произвольной скоростью ω_k , вообще говоря, не равной скорости ротора ω ($\omega_k \neq \omega$), периодические коэффициенты из них не исключаются. Отсюда следует, что в сложных случаях нецелесообразно относить уравнения всех машин к координатным осям, жестко связанным с ротором одной из них, или к синхронным осям. Мы показали, далее, что введенные нами преобразования уравнений синхронной машины являются более общими, чем преобразования Парка, являющиеся из наших как частный случай при $\theta_k = \theta$. Разумеется, изложенное относится и к неявнополусным синхронным машинам, если принять $L_m = M_0 = 0$ и, стало быть, $L_d = L_q$.

Московский энергетический институт
им. В. М. Молотова

Поступило
16 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ R. H. Park, Trans. Am. Inst. Electr. Eng., p. I., 48, 716 (1929); p. II, 52, 352 (1933). ² А. Г. Иосифьян, Докл. АН АрмССР, 7, 3 (1947). ³ С. В. Страхов, Моск. энергетич. инст., в. XIV (1953); Электричество, № 6 (1954). ⁴ Л. Н. Грузов, годы математического исследования электрических машин, 1953.

М. Л. ШОЛОХОВИЧ, Е. Г. ФЕСЕНКО, О. П. КРАМАРОВ и А. Л. ХОДАКОВ

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ТИТАНАТОВ БАРИЯ И СВИНЦА И МОНОКРИСТАЛЛОВ ТИТАНАТА СВИНЦА

(Представлено академиком А. В. Шубниковым 4 VII 1956)

Полученные нами ранее монокристаллы твердых растворов титанатов бария и стронция обладали рядом интересных диэлектрических свойств (¹), что стимулировало поиски метода получения монокристаллов твердых растворов титаната бария и свинца. Последние, по-видимому, могут представлять практический интерес в счетно-решающих устройствах и запоминающих схемах.

Выращивание монокристаллов свинцовосодержащих веществ типа PbTiO_3 , PbZrO_3 непосредственно из их расплавов исключается, так как указанные вещества являются соединениями, плавящимися инконгруентно. Однако монокристаллы этих веществ возможно вырастить кристаллизацией из раствора в расплавах других солей — фторидов.

Для получения монокристаллов твердых растворов BaTiO_3 — PbTiO_3 в качестве растворителя был применен фтористый калий. Основанием для этого явилась исследованная нами визуально-политермическим методом плавкости поверхность кристаллизации части сечения K_2F_2 — BaTiO_3 — PbTiO_3 (рис. 1) до температур 950—1000° с последующим рентгеноструктурным исследованием твердых фаз.

Полученные данные указывают на образование в исследованной части системы непрерывного ряда твердых растворов $(\text{Ba}—\text{Pb})\text{TiO}_3$. Факт образования твердых растворов титанатов бария и свинца находится в соответствии с данными ряда исследователей (^{2–4}). Выбор соотношения компонентов и температурный режим выращивания монокристаллов произведены на основании данных о плавкости разрезов сечения. Выращивание производилось в платиновой чашке печи с электронным терморегулятором, разработанным и изготовленным Физико-математическом институте при Ростовском-на-Дону университете О. П. Крамаровым и А. Ф. Серым.

Расплав фтористого калия после полного растворения в нем смеси поликристаллических титанатов бария и свинца выдерживался при температуре

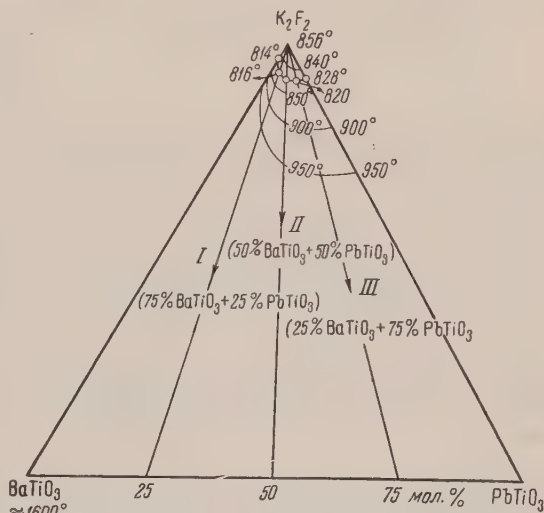


Рис. 1 $(\text{Ba}—\text{Pb})\text{TiO}_3$

начала кристаллизации твердых растворов (Ba—Pb) TiO_3 в течение 40 час., а затем охлаждался в течение трех суток до полного застывания системы.

Химический анализ полученных монокристаллов не проведен из-за трудности количественного разделения ионов Ba^{++} и Pb^{++} в присутствии аниона TiO_3^{--} .

Монокристаллы имели вид коричневых, небольшой прозрачности кубиков с длиной ребра до 1 мм, в большинстве случаев неправильной формы. Однако среди наиболее мелких кристалликов многие совершенно прозрачны

и имеют вид правильно ограниченных шестигранных пластинок светлого желтого цвета. Пикнометрически измеренная плотность монокристаллов 6,2 г/см³.

Выращивание монокристаллов твердых растворов (Ba—Pb) TiO_3 из расплавов их во фториде калия осложнено тем, что к сильной летучести самого фторида добавляется еще и летучесть свинцово-содержащего соединения в виде PbTiO_3 и частично в виде PbO . Таким образом, создается необходимость в подборе более удобного солевого растворителя.

Проведенные исследования взаимодействия PbTiO_3 (6) и PbZrO_3 с различными солями в расплавах показали, что ряд солевых растворителей значительно снижает температуру разложения указанных соединений. В результате расплавы обогащаются двуокисью титана или циркония



Рис. 2

и зачастую возможность кристаллизации из таких расплавов монокристаллов PbTiO_3 или PbZrO_3 практически исключается.

Мы считаем целесообразным при подборе солевых растворителей для выращивания монокристаллов свинцовосодержащих веществ исходить из следующего принципа: применять в качестве солевых растворителей низкоплавкие, плавящиеся без разложения свинцово-содержащие соли, образующие вязкие расплавы, склонные к переохлаждению. Вязкость расплава значительно снижает летучесть свинцово-содержащего соединения, расплав в этом случае существенно не сдвигается по составу. К такому типу солевых растворителей может быть отнесен, например, метаборат свинца.

На рис. 2 представлены полученные нами диаграммы плавкости систем $\text{Pb(BO}_2)_2$ — PbTiO_3 и диаграмма плавкости сечения $\text{Pb(BO}_2)_2$ —[50% PbO + 50% PbTiO_3]*.

Исходя из указанных данных, нами выращены монокристаллы титаната свинца из расплава 80% $\text{Pb(BO}_2)_2$ — 20% PbTiO_3 медленным охлаждением расплава в течение 100 часов от 880 до 680°. Метаборатное стекло отделялось от кристаллов титаната свинца обработкой сплава концентрированной азотной кислотой и последующим растворением образованных продуктов реакции в воде.

Полученные монокристаллы PbTiO_3 внешне резко отличались от ранее описанных (6). Это светло-желтые — янтарные, совершенно прозрачные кристаллы, ограниченные формами {100} и {111} с длиной ребра 1—2 мм. Плотность кристаллов, определенная пикнометрически, 7,3 г/см³.

* Пунктиром на кривой II обозначена область стеклообразования, в которой не определена температура кристаллизации $\text{Pb(BO}_2)_2$ из-за трудности эксперимента.

Диэлектрические свойства полученных кристаллов изучались на осциллографе при 10^6 гц. Для этой цели на грани кристаллов наносили электроды выжиганием серебра. Из монокристаллов твердых растворов наиболее пригодными для исследования диэлектрических свойств оказались и кристаллы, выращенные из раствора в расплаве фтористого калия смеси 50% Ba TiO₃ — 50% Pb TiO₃. Температурный ход диэлектрической проницаемости этих кристаллов приведен на рис. 3. Из графика следует, что кристалл обладает резко выраженными сегнетоэлектрическими свойствами. Значение ϵ в точке Кюри более чем в 7 раз превосходит его значение при комнатной температуре. Нисходящая ветвь кривой $\epsilon = f(t)$ за точкой максимума идет более полого, чем восходящая часть кривой, и удовлетворяет закону Кюри — Вейсса. Постоянная Кюри—Вейсса $C = 1,75 \cdot 10^5$. Точка Кюри соответствует температуре 190°. Согласно рентгеноструктурным измерениям температура фазового перехода 170—180°. Сравнение с температурой Кюри для поликри-

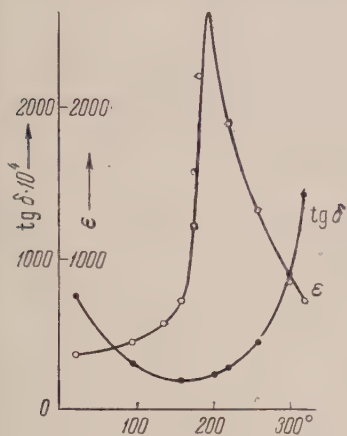


Рис. 3

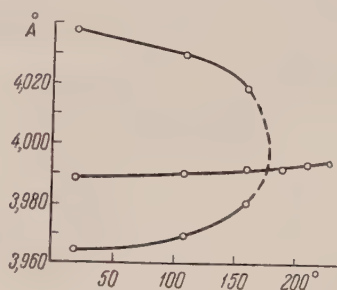


Рис. 4

сталлических твердых растворов показывает, что кристаллы соответствуют твердому раствору (Ba—Pb) TiO₃ с содержанием 18,5% PbTiO₃. Понижение концентрации Pb TiO₃ по отношению к концентрации исходных материалов связано с большой летучестью свинцовых соединений при температурах кристаллизации твердых растворов. При комнатной температуре ϵ рассматриваемых кристаллов равно 380. Эта величина больше, чем диэлектрическая проницаемость поликристаллических твердых растворов соответствующей концентрации.

Температурный ход $\lg \delta$, приведенный на рис. 3, также характерен для сегнетоэлектриков с минимумом при температуре, меньшей θ^0 . Увеличение $\lg \delta$ при температурах выше θ^0 связано в основном с ростом электропроводности кристаллов.

Реверсивная диэлектрическая проницаемость мало меняется при изменении напряженности смещающего поля. При повышении температуры влияние смещающего постоянного поля сказывается сильнее, в особенности вблизи точки Кюри.

Рентгеноструктурное изучение кристаллов показало, что они принадлежат к структурному типу перовскита с тетрагональной ячейкой. Для монокристаллов описываемого твердого раствора найдено $a = 3,965 \text{ \AA}$, $c = 4,037 \text{ \AA}$ и $c/a = 1,018$ при 20°. Температурные изменения параметров даны на рис. 4.

Монокристаллы PbTiO₃, полученные кристаллизацией их из расплава Pb(VO₂)₂, имеют температурную зависимость ϵ , близкую к той, которая была у кристаллов, полученных ранее и описанных в (6). Измерения диэлектрической проницаемости удалось провести для них лишь до 400°. При более высоких температурах изучение ϵ не удалось произвести из-за значительного роста $\lg \delta$. Величина ϵ указанных кристаллов меньше, чем у получен-

ных ранее кристаллов. Показатель преломления для монокристаллов PbTiO_3 , определенный в иммерсионном сплаве сера — селен, равен 2,71.

Авторы выражают благодарность Б. М. Вулу за интерес к работе Н. С. Новосильцеву за ряд ценных замечаний.

Ростовский-на-Дону государственный университет
им. В. М. Молотова

Поступило
3 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Л. Ходаков, М. Л. Шолохович, Е. Г. Фесенко, О. П. Крамров, ДАН, 108; № 5 (1956). ² S. Nomura, S. Sawagda, Phys. Soc. Japan, 36 (1951). ³ Е. Г. Фесенко, А. Г. Слабченко, ЖТФ, 24 (7), 123 (1954). ⁴ M. S. McQuagge, Am. Ceram. Soc. Bull., 9, 34, № 9, 295 (1955). ⁵ (И. Н. Беляев, М. Л. Шолохович, Г. В. Баркова, ЖОХ, 24, 211 (1954). ⁶ И. Н. Беляев, А. Л. Ходаков, ЖЭТФ, 22 (3), 376 (1952).

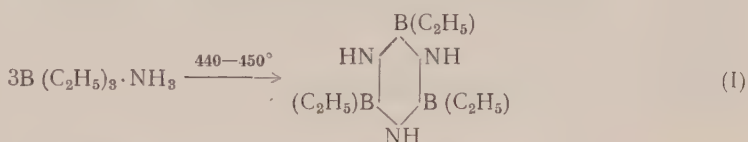
А. Ф. ЖИГАЧ, Е. Б. КАЗАКОВА и Е. С. КРОНГАУЗ

В-ТРИЭТИЛБОРАЗОЛ

(Представлено академиком А. Н. Несмеяновым 30 V 1956)

В-этилборазолы с радикалами у атома бора в литературе не описаны. Лезингер и др. ⁽¹⁾ синтезировали В-триметилборазол в смеси с В-моно-В-диметилборазолами действием аммиака на метилдидоборан при 180—200°. Дальнейшем Виберг и др. ⁽²⁾ осуществили синтез В-триметилборазола нагреванием при 320—340° равномолекулярной смеси аммиака с триметилборм.

Для получения триэтилборазола нами была выбрана для изучения реакция термического разложения триэтилборамина по уравнению



Наилучший выход (80%) получался при 440—450° при ведении реакции автоклаве при давлении до 50 атм. Наряду с триэтилборазолом получались ниже и выше кипящие продукты, представляющие собой смеси двух этил-производных боразола. Триэтилборазол был выделен в чистом виде перегонкой в вакууме и исследован.

Экспериментальная часть

Получение триэтилборамина. Триэтилборамин получался пропусканием аммиака в жидкий триэтилбор ⁽³⁾. Насыщение триэтилбора аммиаком проводилось до достижения привеса 1 моль на 1 моль, в результате чего получалась вязкая прозрачная жидкость консистенции глицерина. Продукт перегонялся при 65°/26 мм. Чистый триэтилборамин конденсировался в приемнике.

Получение триэтилборазола. В чистый, тщательно подутый сухим азотом автоклав емкостью 2,5 л загружалось 120 г триэтилборамина. После закрытия крышки автоклав опрессовывался сухим водородом, который затем сбрасывался через вентиль, и включался обогрев. Автоклав постепенно в течение 5 час. 30 мин. нагревался до температуры 0°, давление за счет выделяющихся газов увеличивалось и к концу опыта достигало 50 атм. После установления постоянного давления обогрев выключался, и автоклав охлаждался водой до 18—20°, при этом давление падало до 18—20 атм. Из охлажденного автоклава через вентиль постепенно сбрасывались образовавшиеся газообразные продукты до достижения в автоклаве атмосферного давления, автоклав продувался небольшим количеством азота и разгружался. Получено 46 г сырого продукта, что соответствует выходу 80%.

Нагревание автоклава при температурах выше или ниже 420—450° приводило к значительному понижению выхода триэтилборазола. При не-

герметичном автоклаве или при спуске давления через вентиль во время нагрева выход триэтилборазола также резко снижался.

Сырой продукт представляет собой легкоподвижную жидкость темного желтого цвета с аммиачным запахом и со значительной опалесценцией в проходящем и отраженном свете, ведет себя на воздухе как чистый продукт.

При полном разложении триэтилборамин по реакции (I) должно было выделиться 50 л этана и при 18° развить давление 20,8 атм, что и наблюдалось в действительности.

Полученный сырец перегнан в вакууме при 7—8 мм и чистый триэтилборазол собран при 66—67° в количестве 33,0 г, что соответствует выходу 70,0% от теории.

Найдено %: В 19,0; 19,5; N 24,9; 25,1; С 44,28; 44,5; Н 10,65; 10,7
 $C_2H_5)_3B_3N_3H_3$. Вычислено %: В 19,72; N 25,5; С 43,76; Н 11,02

Можно предполагать, что сырой триэтилборазол содержит небольшие примеси исходного продукта, боразола, моно-, ди- и гексаэтилборазолов.

Свойства триэтилборазола. Триэтилборазол представляет собой при комнатной температуре легкоподвижную жидкость, испаряющуюся на воздухе без остатка. d_4^{20} 0,866; вязкость η_{20} 1,48 сантистокс. Т. застыв. около—54°.

При комнатной температуре с водой не реагирует. При длительном кипячении с 0,5 н соляной кислотой полностью гидролизует. При нагревании до 100° при нормальном давлении начинает разлагаться с выделением газообразных продуктов. Хорошо растворяется в бензоле, эфире, метилом и этиловом спиртах, ацетоне.

Институт элементоорганических соединений
Академии наук СССР

Поступило
24 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. J. Schlesinger, L. Horvitz, A. B. Burg, J. Am. Chem. Soc., 57, 409 (1936). ² E. Wiberg, K. Hertwig, A. Bolz, Zs. anorg. Chem., 256, 177 (1941). ³ А. Н. Несмеянов, К. А. Кочешков, Синтетические методы в области металлорганических соединений, в. 4, Изд. АН СССР, 1945, стр. 19 и 52.

В. И. КАСАТОЧКИН и О. И. ЗИЛЬБЕРБРАНД

О ХИМИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ КЕРОГЕНА СЛАНЦЕВ

(Представлено академиком В. А. Каргиным 12 VI 1956)

Вопрос о химической природе и строении органического вещества горючих сланцев до последнего времени остается открытым. Исключающие друг друга предположения о химическом строении керогена сланцев, высказанные различными авторами, не могли во многих случаях найти обоснованные подтверждения химическими методами исследования. Так, например, выдвинутое Г. А. Стадниковым ⁽¹⁾ представление о химической природе органического вещества сапропелитов как совокупности веществ, представляющих собой разнообразные продукты конденсации гидроароматических циклов с алифатическими цепями, находится в противоречии с фактами, известными из ряда химических исследований ⁽²⁻⁶⁾. Выводы о неароматической природе керогена сланцев, основанные на отсутствии или малом количестве ароматических производных в продуктах окисления керогена ^(7,8), оказались неубедительными после того, как было показано, что эти продукты образуются в тех же условиях окисления ряда веществ заведомо ароматической природы ^(9,10). Результаты химических исследований однозначно оказывают, что органическое вещество сланцев относится к классу высокомолекулярных веществ.

В настоящей работе, с целью получения сведений о структуре веществ керогена сланцев в условиях сохранения его химической целостности, было проведено рентгенографическое исследование и изучение инфракрасных спектров поглощения керогена.

Таблица 1

Технический и элементарный состав исходных сланцев

Сланцы	W°	Ac	S ^c _{общ}	Na	H ^a	C ^a	После деминерализации	
							Ac	S ^c _{общ}
Естонский	0,5	42,30	—	0,20	9,60	74,9	4,58	3,54
Бшесыртковский	14,07	32,23	10,27	0,68	5,22	61,58	0,58	10,16

В табл. 1 приводится характеристика изученных образцов керогена, минерализованных обработкой соляной и фтористоводородной кислотами.

Рентгенограммы сланцев были сняты на фильтрованном излучении железа в цилиндрических камерах. Запись спектральных кривых поглощения производилась на инфракрасном спектрометре ИКС-11 и на двулучевом инфракрасном спектрофотометре Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР*.

Образцы для спектрального исследования в соответствующих областях спектра приготавливались в виде тонко растертой пасты с парафиновым маслом и минеральным маслом, представляющим собой полимер тетрафторилена с показателем преломления $n=1,6$. Спектры в области до 4 μ были

* Спектральные кривые на двулучевом спектрофотометре были получены А. А. Шубиным в лаборатории Г. С. Ландсберга Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР, что приносим ему благодарность.

получены с призмой из LiF и в области до 15 μ — с призмой из NaCl. Рентгеновская дифракционная картина керогена сланцев характеризуется двумя — внешней и внутренней — интерференционными полосами жидкого типа. Одна из них, весьма интенсивная, отвечает периоду 4,6–4,8 Å и может быть отнесена за счет межмолекулярной интерференции в среде с плотно упакованными молекулярными цепями. Относительно небольшая интенсивность фона в области малых углов и малая полуширина этой полосы характеризует высокую степень межмолекулярной упорядоченности вещества керогена. Другая, мало интенсивная широкая полоса может быть отнесена за счет внутримолекулярной интерференции и характеризует средний межмолекулярный период в макромолекулах керогена $\sim 2,6$ Å.

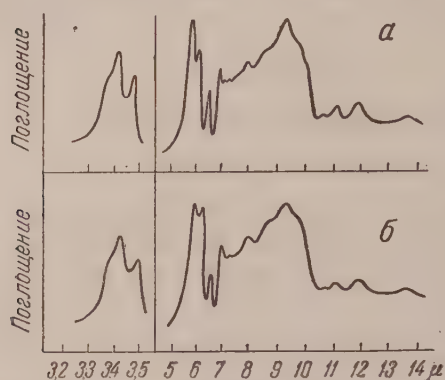


Рис. 1. Инфракрасные спектры поглощения сланцев: а — эстонского, б — общесыртовского

кой которых определяется характер наблюдаемой рентгеновской интерференционной картины.

На рис. 1а и б приводятся спектральные кривые поглощения для обоих изученных образцов керогена сланцев.

Таблица 2

Длина волны в μ	Атомные группировки	Интенсивность полос поглощения	
		эстонск.	волжск.
3,0	ОН ассоциир.	ср	ср
3,25	= СН аромат.	—	—
3,38	СН ₃	—	—
3,40—3,42	СН ₂ —СН	с	с
3,5	СН ₂	ср	ср
5,95	С = О сопряж.	с	с
6,26	С = С сопряж.	с	с
6,65	аромат. циклы с алифат. заместит.	сл	—
7,09	СН ₂ (смещ. в длинноволн. сторону)	ср	ср
7,3	С—СН ₃	—	—
8,0	С—О фенолов, аромат. эфиров	—	ср
8,6	С—О алифат. эфиров	ср	—
9,2	С—О циклич. эфир. и третичн. спиртов	ср	ср
9,7	С—О аромат. прост. эфир.	—	ср
11,7	СН ₂ в цепях с кислор.	ср	—
11,4	Конденсир, аромат. кольца	—	—
11,2		—	—
13,3		—	—
13,9	(—СН ₂) _n скелетн. $n \geq 4$	ср	—

В табл. 2 приведены частоты (в максимуме) и вероятная интерпретация полос поглощения в спектрах керогена эстонских и волжских сланцев^(11, 12)

Обращает на себя внимание отсутствие в спектре керогена полос поглощения, отвечающих как валентным, так и деформационным колебаниям С—Н в группах СН₃ на 3,38 и 7,25 μ , что служит свидетельством отсутствия или малого количества этих групп в структуре керогена. Полосы поглощения, отвечающие СН₃-группам, однако, возникают в спектрах образцов

рогена, подвергнутых легкой термической деструкции. На рис. 2а и б приведены спектральные кривые поглощения, снятые с тонких слоев расплавленных быстрым прогревом порошков керогена эстонских и волжских сланцев, непосредственно на соляной пластинке.

Эти наблюдения подтверждают предполагаемое отсутствие в структуре керогена конечных метильных групп CH_3 и служат существенным экспериментальным свидетельством в пользу макромолекулярного строения органического вещества сланцев. Ряд полос поглощения в спектре вскрывает ароматическую природу органического вещества сланцев. К ним относится прежде всего полоса $6,25 \mu$, отвечающая колебаниям $\text{C}=\text{C}$ в атомных группировках с сопряженными двойными связями.

Эта полоса наблюдается в спектрах всех изученных образцов сланцев. Для спектра керогена эстонских сланцев характерно присутствие полосы $6,65 \mu$, которая обычно приписывается колебаниям в ароматических кольцах с алифатическими заместителями. В спектре керогена волжских сланцев эта полоса не наблюдается, однако она возникает в спектрах быстро прогретых образцов керогена волжских сланцев (рис. 2 б). Возможно, что возникновение этой полосы связано с наблюдаемым относительно лучшим разрешением полос в спектрах расплавленных образцов керогена.

В спектрах керогена как эстонских, так и волжских сланцев не наблюдается полосы поглощения $3,25 \mu$, отвечающей валентным колебаниям $\text{C}-\text{H}$ в ароматических группировках, что является прямым свидетельством высокой степени замещения водорода ароматических циклах. Наличие в спектрах полосы поглощения $6,65 \mu$ указывает на то, что в числе заместителей в ароматических циклах имеются также алифатические радикалы. По отсутствию полос поглощения в области $12,0$ до $13,5 \mu$ можно сделать заключение об отсутствии в структуре керогена изученных образцов сланцев в заметных количествах конденсированных ароматических группировок. В структуру вещества керогена сланцев включено большое количество метиленовых групп — об этом свидетельствует наличие в спектре полос поглощения $3,42$ и $3,50 \mu$, отвечающих валентным колебаниям $\text{C}-\text{H}$ в группах CH_2 , а также полос деформационных колебаний $\text{C}-\text{H}$ $7,02$; $11,7$ и $13,9 \mu$. Полосы поглощения $11,7$ и $13,9 \mu$ для волжских сланцев проявляются только в спектрах прогретых образцов (рис. 2 б). Присутствие в спектре полосы поглощения $13,9 \mu$, отвечающей скелетным колебаниям углеродной цепи, указывает на имеющиеся в структуре керогена цепочки метиленовых групп. С другой стороны, смещенное в длинноволновую сторону положение полосы деформационных колебаний CH_2 $7,02 \mu$, так же как и присутствие в спектре интенсивной полосы $11,7 \mu$, характеризует наличие в структуре керогена цепочечных метиленовых образований, включающих большое количество кислорода. Подтверждением этому служит аналогичное проявление CH_2 -групп в спектре поливинилового спирта. Кислородсодержащие атомные группировки, имеющиеся в структуре керогена, проявляются в спектре рядом полос поглощения. Необходимо указать, что изучение гидроксильных групп сопряжено с трудностью удаления влаги, связанной с изменениями вещества керогена в этом процессе. В спектре керогена сланцев выделяется весьма интенсивная полоса $9,5 \mu$, отвечающая колебаниям карбонильной группы $\text{C}=\text{O}$. Значительное смещение в длинноволновую сторону этой полосы по отношению к ее нормальному положению ($5,85 \mu$) можно отнести за счет сопряжения двойной

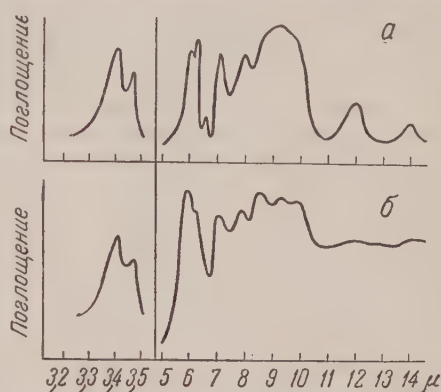


Рис. 2. Инфракрасные спектры поглощения прогретых сланцев: а — эстонского, б — общесыртовского

связи карбонила с двойными связями в ароматических циклах. Из этого следует, что карбонильная группа непосредственно связана с ароматическими циклами либо в виде арилкетонов, либо карбоксилов ароматических кислот или их сложных эфиров.

Для выяснения содержания карбоксильных групп в составе вещества керогена образцы обидных сланцев были обработаны Ва (ОН)₂ и сработанные образцы получены спектры (рис. 3). Наблюдаемое для волжских сланцев исчезновение полосы 5,95 м (рис. 3 б) связано с переходом карбоксильной

группы $\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \diagup \\ \text{OH} \end{array}$ в ионную форму $\left[\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \diagup \\ \text{OH}^- \end{array} \right]^-$. Отсюда можно было сделать

заключение, что, в отличие от эстонских сланцев, в веществе керогена волжских сланцев карбонил С=О содержится преимущественно в карбо-

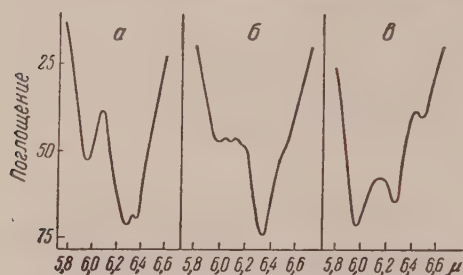


Рис. 3. Спектры поглощения керогенов сланцев: а — эстонского с Ва(ОН)₂, б — общесыртовского с Ва(ОН)₂, в — общесыртовского с Ва(ОН)₂ с последующей обработкой НСl

этой области выделяются широкие полосы поглощения 8,6; 9,2 и 9,7 м. Возможно, что расширение полос, так же как и наличие общего фона в этой области спектра, связано с многообразием кислородсодержащих атомных группировок, включающих связь С—О. Полосы поглощения 9,7 м характеризуют колебания С—О в ароматических простых эфирных группировках. Полоса 8,6 м может быть приписана простым эфирным группировкам в алифатических структурах и полоса 9,3 м — циклическим простым эфирам или третичным спиртам.

Рассмотрение инфракрасных спектров поглощения и рентгенограмм изученных образцов керогена сланцев приводит к выводу о химическом сочетании неконденсированной замещенной ароматики с алифатическими цепочечными образованиями метиленовых групп, включающими большое количество кислорода, и, возможно, других гетероатомов в единой макромолекулярной структуре. Заместителями в ароматике, кроме алифатических радикалов, могут быть также карбонилы, гидроксилы и, возможно, другие, например серусодержащие, группы.

Институт горючих ископаемых
Академии наук СССР

Поступило
11 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Л. Стадников. Происхождение углей и нефти. Изд. АН СССР, 1937, стр. 205.
- ² П. К. Когерман, Тр. 1-го совещ. по хим. и генезису твердых горючих ископаемых. Изд. АН СССР, 1953.
- ³ A. L. Down, G. W. Himmus, J. Inst. Petr., 27, 426 (1941).
- ⁴ G. W. Himmus, Oil Shale and Cannel Coal., 2, 1951, p. 112—133.
- ⁵ X. Т. Райдсепп, Изв. АН СССР, ОТН, № 3, 130 (1954).
- ⁶ А. Я. Аарна, Э. Т. Липпмаа, Тр. Таллинск. политехн. инст., сер. А, № 63 (1953).
- ⁷ В. А. Ланин, М. В. Пронина, Изв. АН СССР, ОТН, № 10, 11 (1944).
- ⁸ А. С. Фомина, Л. Я. Побуль, Изв. АН ЭССР, 11, 91, 551 (1953).
- ⁹ R. Bandal, M. Bender, C. Crosock, Proc. Roy. Soc., 165, 432 (1938).
- ¹⁰ Н. М. Караваев, И. М. Венер, Тр. ИГи АН СССР, 2, 285 (1950).
- ¹¹ L. J. Bellamy, The Infrared Spectra of Complex Molecules, London, 1954.
- ¹² Н. М. Рандалл, Infrared Determination of Organic Structures, N. Y., 1954.

Академик И. Л. КНУНЯНЦ и А. В. ФОКИН

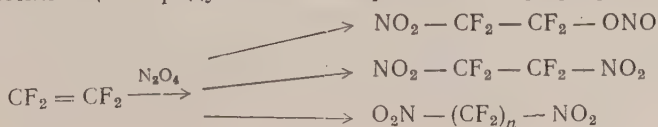
НИТРОВАНИЕ ПЕРФТОРОЛЕФИНОВ ДВУОКИСЬЮ АЗОТА

Как известно, большинство реакций фторолефинов с нуклеофильными соединениями носит ионный характер, и первоначальной ступенью их следует считать атаку анионом нуклеофильного реагента. Подтверждением этому служит необходимость щелочного катализа реакций присоединения фторолефинам веществ с нерезко выраженными нуклеофильными свойствами (¹⁻⁴). Своеобразным характером π -связи перфторолефинов объясняется трудность реакций присоединения к ним электрофильных реагентов.

Как правило, перфторолефины с электрофильными реагентами реагируют гораздо труднее, чем обычные олефины. Вследствие энергетических причин, заключающихся в трудности ионного взаимодействия между двумя электрофильными системами, для перфторолефинов более типичны реакции молекулярного распада. Действительно, многочисленные реакции фторолефинов с галоидами, галоидоводородными кислотами, галоидированными в особенности, перфторированными иодалканами, нитрозо- и нитрогалоидами и другими реагентами протекают по радикальному механизму и требуют подвода энергии для гомолитического расщепления реагентов и для преодоления энергетического барьера в виде тепла, ультрафиолетового света либо каталитических действующих добавок, например перекисных соединений или других инициаторов радикальных процессов. В соответствии с этим с легко радикализирующимися агентами и, в особенности, с радикалоподобными молекулами перфторолефины должны реагировать сравнительно легко. С этой точки зрения представляет интерес вопрос об отношении перфторолефинов к двуокиси азота.

В 1949 г. Coffman с сотр., а в 1953 г. Haszeldine (^{6,7}) сообщили, что при реакции тетрафторэтилена и трифторхлорэтилена с двуокисью азота образуются соответственно 1,2-динитротрифторхлорэтан и 1,2-динитротетрафторэтан. По-видимому, нечеткость эксперимента или специфичность условий реакции не позволила авторам этих работ заметить ряд других интереснейших продуктов, образующихся при этом, и изучить эти реакции. Реакции других перфторолефинов с N_2O_4 ими не обследовались.

Исследуя нитрование перфторолефинов двуокисью азота мы установили, что процесс протекает более сложно, что он в значительной степени зависит от особенностей вовлекаемого в реакцию фторолефина и приводит к образованию интересных веществ. В соответствии с современными представлениями, двуокись азота в среде неполярных растворителей или в газовой фазе диссоциирует с образованием радикалоподобных частиц NO_2 , у которых электронная плотность может быть сосредоточена как у атома азота, так и у одного атома кислорода. Поэтому при нитровании логично было ожидать, наряду с образованием 1,2-динитросоединений, и нитроперфторалкилнитрилов. Как оказалось, тетрафторэтилен с двуокисью азота в замкнутом объеме без растворителя реагирует взрывообразно. Контролируемую реакцию удается осуществить в среде хлороформа, дифторхлорметана, четыреххлористого углерода, дихлортетрафторэтана; при этом, наряду с 1,2-динитротетрафторэтаном, в качестве основного продукта образуется также β -нитротетрафторэтилнитрит. Кроме того, в небольших количествах образуется еще высококипящих продуктов теломеризации тетрафторэтилена

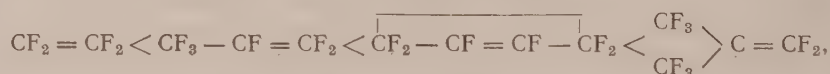


Суммарный выход основных продуктов реакции составляет около 90% при отношении динитросоединения к нитронитриту, равном 1:1. Выбор неполярного растворителя не отражается на общем выходе продуктов реакции и не вызывает заметного изменения в соотношении получаемых реагентов.

При нитровании тетрафторэтилена в среде полярных растворителей, например в нитробензоле, общий выход продуктов нитрования несколько уменьшается, главным образом за счет динитросоединения. Как оказалось, при нитровании двуокисью азота перфторпропилена и перфторизобутилена реакция требует применения жестких условий и отсутствия растворителей (перфторпропилен нитруется при 100°, а перфторизобутилен при 180°). Интересно отметить, что при нитровании перфторпропилена в этих условиях в качестве почти единственного продукта реакции образуется β-нитроперфторпропилнитрит (выход более 90%) и лишь незначительное количество 1,2-динитроперфторпропана. При температуре нитрования перфторпропилена более 100° выход 1,2-динитроперфторэтана увеличивается до 15—20%. В случае перфторизобутилена в качестве основных продуктов реакции образуются 1,2-динитроперфторизобутан и β-нитроперфторизобутилнитрит (в равных отношениях).

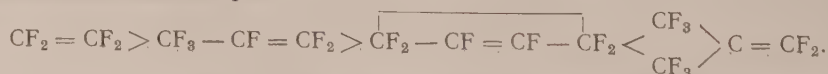
Нитрование двуокисью азота перфторциклобутена удается провести лишь в сравнительно узком температурном интервале. Ниже 130—140° реакция не осуществляется, а выше 160° реакционная смесь взрывается. В результате реакции образуется 1,2-динитроперфторциклобутан и динитрит перфторциклобутандиола-1,2. Таким образом оказалось, что перфторолефины — тетрафторэтилен, перфторпропилен, перфторциклобутен взаимодействуют с двуокисью азота с различной степенью легкости с образованием динитросоединений и β-нитроперфторалкилнитритов.

Изменение электрофильности в ряду перфторолефинов характеризует их реакционную способность по отношению к электродонорным реагентам. Скорость и условия взаимодействия со спиртами и аминами дают возможность расположить фторолефины в следующий ряд:



в котором тетрафторэтилен является наименее электрофильным реагентом. Как известно, тетрафторэтилен реагирует со спиртами и тиолами в присутствии щелочных катализаторов при температуре около 100°, те же реакции для перфторизобутилена идут гладко на холоду и без катализаторов.

При взаимодействии с электрофильной молекулой двуокиси азота может быть постулирован противоположный порядок реакционной способности. Действительно, наиболее активным реагентом по отношению к N₂O₄ оказался первый член ряда — тетрафторэтилен. При переходе от тетрафторэтилена к перфторпропилену и высшим перфторолефинам реакция нитрования затрудняется. В соответствии с экспериментальными данными фторолефины по реакционной способности в отношении двуокиси азота могут быть расположены в ряд



Условия, при которых осуществляется реакция нитрования фторолефинов, характер получающихся продуктов и ряд других фактов свидетельствуют о радикальном механизме этой реакции. Отсутствие ускорения, в некоторых случаях понижение выхода продуктов нитрования и даже прекращение реакции при добавлении в реакционную смесь сильных кислот H₂SO₄, AlCl₃, HF и других веществ, способствующих образованию нитроний-катиона, во всяком случае, указывают на подчиненную роль гетеролитических процессов в этих реакциях. Лишним подтверждением радикального

механизма реакции служит образование нитрозосоединений и факт теломеризации тетрафторэтилена, инициируемой двуокисью азота.

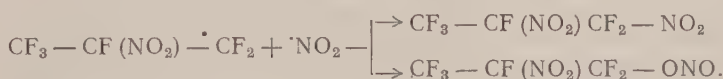
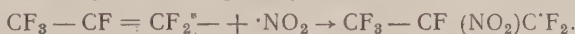
В ряде случаев, особенно при нитровании фторолефинов в отсутствие растворителей, осуществляется радикально-цепная реакция, приводящая к взрыву реакционной оболочки. Цепные реакции, приводящие к взрыву, по-видимому, включают в себя также реакцию диспропорционирования с образованием четырехфтористого углерода, азота и углекислого газа.

Таблица 1

Формула	Т. кип. в °	d_4^{20}	n_D^{20}	F		N	
				выч. %	найд. %	выч. %	найд. %
$\text{O}_2\text{NCF}_2\text{—CF}_2\text{NO}_2$	57—58	1,622	1,3249	39,6	39,4	13,6	13,9
$\text{O}_2\text{NCF}_2\text{—CF}_2\text{—ONO}$	17	1,5310*	1,3002*	39,6	39,6	13,6	12,9
$\text{CF}_3\text{—CF(NO}_2\text{)—CF}_2\text{NO}_2$	76	1,6313	1,3141	37,1	37,4	11,5	10,9
$\text{CF}_3\text{—CF(NO}_2\text{)CF}_2\text{—ONO}$	57	1,637	1,3276	45,9	47,0	11,0	11,5
$\text{CF}_3)_2\text{C(NO}_2\text{)CF}_2\text{—NO}_2$	92	1,660	1,3212	52,1	52,0	—	—
$\text{CF}_3)_2\text{C(NO}_2\text{)CF}_2\text{—ONO}$	48	1,598	1,2870	52,1	52,0	—	—
$\text{CF}_2\text{—CF(NO}_2\text{)CF(NO}_2\text{)CF}_2$	62/100	1,7721	1,3640	45,3	44,5	11,0	10,2
$\text{CF}_2\text{—CF(ONO)CF(ONO)CF}_2$	20	1,5481	—	45,3	44,5	—	—

*) d_4^0 и n_D^0

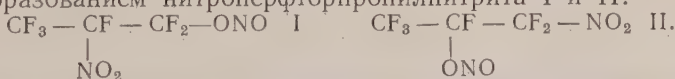
Взаимодействие фторолефинов с двуокисью азота приблизительно может быть описано следующим образом: радикалоподобная электрофильная частица NO_2 , присутствующая в реакционной смеси, благодаря диссоциации димера N_2O_4 присоединяется к двойной связи (в случае не симметричного фторолефина в месте наибольшей электронной плотности), образуя при этом нитроперфторалкильный радикал, который взаимодействует с другой частицей NO_2 либо с молекулой димера двуокиси азота



При этом вторая частица двуокиси азота может присоединяться с образованием C—N-и C—O-связей, завершая образование 1,2-динитроперфторалкана и β-нитроперфторалкилнитрита.

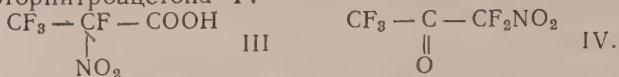
Благодаря высокой прочности фторуглеродной связи и повышенной стабильности соединений, содержащих несколько атомов фтора у атома углерода, продукты нитрования фторолефинов не изменяются в сфере реакции и при отсутствии влаги выделяются в индивидуальном состоянии. 1,2-Динитроперфторалканы представляют собой устойчивые, нерастворимые в воде, бесцветные жидкости, обладающие резким специфическим запахом. Нитроперфторалкилнитриты, в отличие от их углеводородных аналогов, казались также вполне устойчивыми, но очень реакционноспособными соединениями. Так, β-нитроперфторэтилнитрит (жидкость с т. кип. +17°) легко выделяется из реакционной смеси перегонкой и хранится длительное время без изменения в запаянной ампуле.

В случае несимметрично построенных перфторолефинов, например перфторпропилена, имеются две возможности присоединения к нему двуокиси азота с образованием нитроперфторпропилнитрита I и II.



Нитроперфторпропилнитрит, имеющий строение I, при взаимодействии водой мог привести к образованию α-нитроперфторпропионовой кислоты

III, а при строении II в результате такой реакции следовало ожидать образование перфторнитроацетона IV

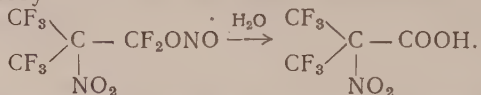


Образование α -нитроперфторпропионовой кислоты при гидролизе нитроперфторпропилнитрита явилось подтверждением порядка присоединения нитро- и нитритной групп к перфторпропилену; нитрогруппа присоединяется к центральному атому углерода, содержащему наименьшее количество атомов фтора. Как и следовало ожидать, порядок присоединения оказался обратным по сравнению с присоединением к незамещенному пропилену, к которому нитрогруппа присоединяется к крайнему атому углерода.

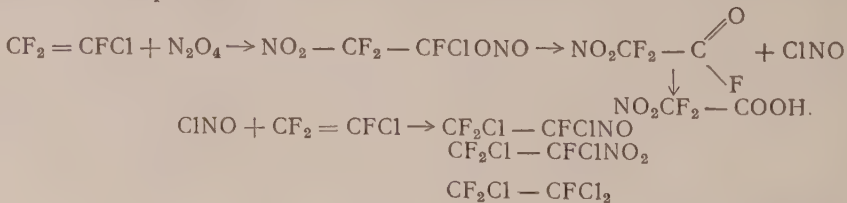
Из трех изомерных октофторбутиленов перфторизобутилен является наиболее полярным и электрофильным реагентом. Эти свойства объясняются строением и подтверждаются его химическим поведением. Накопление трифторметильных групп ведет к легко осуществляемой атаке нуклеофильным реагентом углеродного атома, несущего два атома фтора. Вместе с тем реакция с электрофильной, радикалоподобной частицей NO_2 сильно затруднена.

Реакция питрования осуществляется без участия растворителей и гладко протекает только при 170—180°. В результате реакции образуются два основных продукта: 1,2-динитроперфторизобутан и β-нитроперфторизобутилнитрит, примерно в равных количествах с общим выходом около 90 %.

Порядок присоединения нитро- и нитритных групп в этом случае установлен превращением β -нитроперфторизобутилнитрита в α -нитроперфторпропионовую кислоту



Исследование нитрования хлорфторолефинов, осуществленное на примерах хлортрифторэтилена и симметричного и несимметричного дифтордихлорэтилена, позволило показать некоторое отличие этой реакции от нитрования сполна фторированных олефинов. При нитровании перфторолефинов образуются только продукты прямого присоединения мономера двуокиси азота, а в случае хлорсодержащих фторолефинов образуются смеси разнообразных веществ, являющихся продуктами нитрования и ряд побочных веществ, образование которых с первого взгляда кажется непонятным. При нитровании хлортрифторэтилена удалось показать, что одной из причин получения побочных веществ является деструкция образовавшегося в начале нитронитрита с выделением хлористого нитрозила, который, взаимодействуя с исходным олефином, дает продукты хлорирования, нитро-хлорирования и нитрования.



Поступило
5 VII 1956

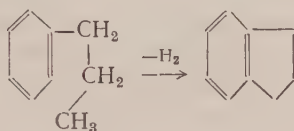
ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Л. Кнунянц, А. В. Фокин, Изв. АН СССР, ОХН, 1952, 262. ² И. Л. Кнунянц, А. И. Щекотихин, А. В. Фокин, Изв. СССР АН, ОХН., 1953, 282. ³ И. Л. Кнунянц, А. В. Фокин, Изв. АН СССР, ОХН, 1955, № 4, 705. ⁴ И. Л. Кнунянц, Э. Г. Быховская, Изв. АН СССР, ОХН, 1955, № 5, 852. ⁵ H. Nass, A. Whitaker, Ам. патент 2447504, 1948; Chem. Abstr, 43, 3024 (1949). ⁶ D. D. Coffman, et al., J. Org. Chem., 14, 747 (1949). ⁷ R. N. Haszeldine, J. Chem. Soc., 1953, 2075.

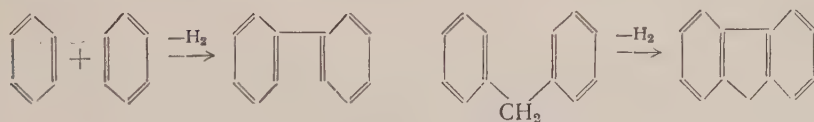
А. Л. ЛИБЕРМАН, О. В. БРАГИН и академик Б. А. КАЗАНСКИЙ

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ЦИКЛИЗАЦИЯ *n*-ПРОПИЛБЕНЗОЛА В ИНДАН

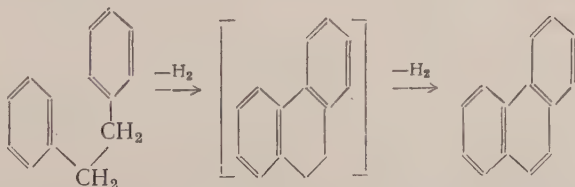
Недавно в ряде работ ⁽¹⁾ было показано, что парафиновые углеводороды в сравнительно мягких условиях (310°, объемная скорость пропускания 0,2) могут циклизоваться под влиянием платинированного угля в гомологи циклопентана. При этом получаются именно те углеводороды, которые должны сформироваться при простом замыкании кольца без какой-либо предварительной или последующей изомеризации углеродной цепочки. Нам казалось важным выяснить, может ли такого рода циклизация осуществляться и в других классах углеводородов. Наиболее интересными в этом отношении являются гомологи бензола, так как вопрос о возможности их циклизации по схеме



был довольно неясен. Из литературы можно было почерпнуть соображения как в пользу, так и против такой возможности. Так, Н. Д. Зелинский и И. Н. Тиц ⁽²⁾ при пропускании дифенилметана над платинированным углем в близких к нашим условиям получили флюорен. Этот случай, на первый взгляд весьма сходный с обсуждаемой нами циклизацией, на самом деле весьма существенно от нее отличается. Действительно, пятичленное кольцо в опытах Зелинского и Тиц возникало в результате образования С—С-связи между двумя бензольными ядрами. Между тем, склонность ароматических углеводородов конденсироваться при высоких температурах как в присутствии катализаторов, так и без них, хорошо известна. Примером этого является хотя бы образование дифенила из бензола. Строго говоря, образование флюорена из дифенилметана мало чем отличается от образования дифенила из бензола:



Эта аналогия тем более правдоподобна, что из дибензила в тех же условиях образовывался фенантрен ⁽²⁾:



Более близким к поставленной нами проблеме является исследование Орчина ⁽³⁾, получившего флюорен и 9-метилфлюорен из 2-метил- и

2-этилбифенила, однако эта работа проводилась не на платиновом, а на палладиевом катализаторе и при значительно более высокой температуре (450—480°), чем наша.

Помимо этого в литературе имеются патентные данные⁽⁴⁾ об образовании индена из *о*-этилтолуола над хромовым и железо-магний-калиевым катализаторами при 540—620°. Реакция, по мнению авторов патента, идет через образование промежуточного *о*-метилстирола и является частным случаем внутримолекулярного алкилирования олефинами.

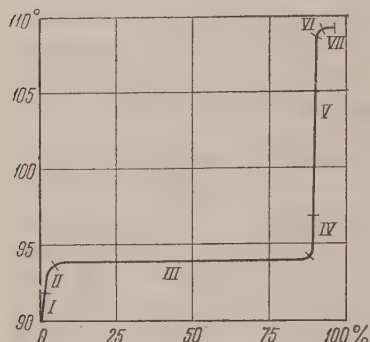


Рис. 1. Кривая разгонки продукта циклизации *n*-пропилбензола

Хотя в приведенных выше примерах пятичленное кольцо так или иначе возникло, имелось опасение, что при более низкой температуре наших опытов характер адсорбции молекулы пропилбензола на катализаторе может воспрепятствовать образованию такого кольца. Как показали Б. А. Казанский и Т. Ф. Буланова⁽⁵⁾, на поверхности платинового катализатора бензол адсорбируется значительно сильнее, чем *n*-пентан. По аналогии можно было ожидать, что в случае гомологов бен-

зола ароматическое ядро, адсорбируясь значительно сильнее алифатической боковой цепи, полностью вытеснит последнюю с поверхности и тем самым сделает реакцию циклизации кинетически невозможной. Однако эти опасения не оправдались, и из *n*-пропилбензола был получен индан.

Циклизация проводилась в указанных выше условиях циклизации парафинов. Индан был выделен из катализата перегонкой в вакууме на колонке эффективностью около 30 теоретических тарелок (рис. 1) и идентифицирован по близким к описанным в литературе константам, а также путем бромирования в триброминдан, не дававший депрессии с заведомым образцом. Средний выход индана составил 6%.

Таким образом, была надежно доказана возможность циклизации пропилбензола в индан.

Экспериментальная часть. Пропилбензол был получен из хлорбензола и *n*-пропилбромида через фенилнатрий⁽⁶⁾ и перегнан на колонке эффективностью 100 теоретических тарелок. Он имел следующие свойства: т. кип. 159,5—159,6°/760 мм; n_D^{20} 1,4920; d_4^{20} 0,8623. По наиболее надежным литературным данным *n*-пропилбензол имеет очень близкие константы⁽⁷⁾: т. кип. 159,22°/760 мм; n_D^{20} 1,4920, d_4^{20} 0,8620.

Над 50 см³ платинированного угля (20% Pt), приготовленного по прописи Н. Д. Зелинского и М. Б. Туровой-Поляк⁽⁸⁾, в течение шести дней было пропущено 270 мл *n*-пропилбензола. Угледводород пропускался при 310° и объемной скорости около 0,2. Выходы и свойства катализаторов сведены в табл. 1. Перегонка катализата на колонке эффективностью около 30 теоретических тарелок дала возможность выделить индан в довольно чистом виде.

Таблица 1

Выход и свойства продуктов циклизации *n*-пропилбензола

№№ опытов	Пропущено		Собрано		Свойства	
	в см ³	в г	в г	в %	n_D^{20}	d_4^{20}
1	49,4	42,3	40,5	95,7	1,4956	0,8703
2	48,0	41,3	40,4	97,7	1,4949	
3	46,1	39,7	38,6	97,4	1,4943	0,8676
4	34,2	29,5	29,1	98,9	1,4945	
5	48,4	41,7	40,9	98,3	1,4940	0,8685
6	37,6	32,4	31,9	98,4	1,4941	0,8685

Таблица 2

Выход и свойства фракций при разгонке продукта циклизации *n*-пропил-бензола

№ фракций	Пределы кипения в °С при давлении 100 мм рт. ст.	Выход фракций		Свойства		
		в г	в %	n_D^{20}	d_4^{20}	проба на непредельн.
1	Ниже 85—91,6	0,9	0,5	1,4923	0,8628	отриц.
2	91,6—93,8	7,7	4,1	1,4917	0,8618	отриц.
3	93,8—94,2	156,7	84,7	1,4920	0,8622	отриц.
4	94,2—97,0	1,1	0,6	1,4951	0,8685	слаб. полож.
5	97,0—109,1	3,1	1,7	1,5159	0,9136	положит.
6	109,1—109,3	3,1	1,7	1,5378	0,9599	положит.
7	109,3	3,8	2,1	1,5390	0,9638	положит. *
	Остаток	2,8	1,5	1,5400	0,9647	положит.
	Потери	5,8	3,1	—	—	—
Итого		185,0	100%	—	—	—

* Бромное число 4,0; содержание непредельных 3%.

Свойства полученных фракций даны в табл. 2. У фракции 7 они весьма близки к приведенным в литературе данным для индана (⁹): т. кип. 177,5—178,5°/760 мм; n_D^{20} 1,5383; d_4^{20} 0,9639. Полученный из небольшой порции фракции 7 триброминдан плавился при 133,5—134°, что совпадает с литературными данными (¹⁰). Триброминдан, полученный из индана, специально синтезированного нами для этой цели из гидрокориичной кислоты через α -инданон, имел ту же температуру плавления и давал депрессии в смешанной пробе с триброминданом из фракции 7.

Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского
Академии наук СССР

Поступило
15 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

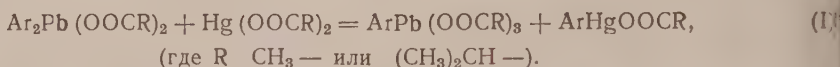
¹ Б. А. Казанский, А. Л. Либерман, Т. Ф. Буланова, В. Т. Алексанян, Х. Е. Стерин, ДАН, **95**, 77 (1954); Б. А. Казанский, А. Л. Либерман, В. Т. Алексанян, Х. Е. Стерин, ДАН, **95**, 281 (1954); А. Л. Либерман, Т. В. Лапшина, Б. А. Казанский, ДАН, **105**, 727 (1955). ² N. D. Zelinsky, I. N. Titz, Ber., **62**, 2869 (1929). ³ M. Orchin, J. Am. Chem. Soc., **68**, 571 (1946). ⁴ W. E. Elwell, патент США, Chem. Abstr., **45**, 3422 h (1951). ⁵ Б. А. Казанский, Т. Ф. Буланова, Изв. АН СССР, ОХН, № 4, 406 (1948); № 1, 29 (1947); Т. Ф. Буланова, Диссертация, ИОХ АН СССР, 1949. ⁶ R. Paul, S. Tchelitcheff, Bull. Soc. Chim. France, **1948**, 108. ⁷ F. D. Rossini et al., Physical and Thermodynamic Properties of Hydrocarbons and Related Compounds, Pittsburgh, 1951. ⁸ Н. Д. Зелинский, М. Б. Турова-Поляк, Избр. тр. акад. Н. Д. Зелинского, **2**, Изд. АН СССР, 1941, стр. 150 и 224. ⁹ E. V. Evans, J. Inst. Petroleum. Techn., **24**, 537 (1938). ¹⁰ K. Meyer, W. Meyer, Ber., **51**, 1581 (1918).

Е. М. ПАНОВ, В. И. ЛОДОЧНИКОВА
и член-корреспондент АН СССР К. А. КОЧЕШКОВ

НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА СВИНЦОВООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ КЛАССА ArPbX_3

Систематически исследуя свойства и реакционные возможности солей органических кислот тяжелых металлов (^{1,3}), мы обратили, в частности, особое внимание на соответствующие соли четырехвалентного свинца и получили с их помощью ряд интересных результатов в области синтеза свинцовоорганических соединений.

Несмотря на то, что свинцовоорганические соединения были получены впервые в 1853 г. (²) и с тех пор изучались в различных направлениях, один из основных классов этих соединений ArPbX_3^* (где Ar — ароматический радикал, X — кислотный остаток) был получен нами лишь в 1952 г. (³) по реакции



Достаточное знакомство со свойствами соединений класса ArPbX_3 , полученных нами по уравнению (I), значительно облегчило нам разработку описываемого в настоящей работе нового метода получения ArPbX_3 по реакции



Кроме того, важной предпосылкой для разработки метода послужило получение свинцовоорганических соединений класса Ar_2PbX_2 , описанное в (⁶):



Новый метод (уравнение II) позволяет получать соединения класса ArPbX_3 с хорошими выходами в один прием, тогда как ранее необходимо было сначала синтезировать Ar_2PbX_2 по (III) или путем деалкилирования Ar_4Pb (соответственно Ar_3Pb) и далее проводить реакцию отщепления ароматического радикала по (I).

Удаление побочного продукта реакции ArHgOOCR легко достигается путем прибавления рассчитанного количества спиртового раствора хлористого водорода (ArHgCl выпадает при этом в осадок).

Новый метод может быть приложен и для получения металлоорганических соединений класса ArPbX_3 также и с заместителями в ароматическом ядре.

Экспериментальная часть

Триацетат фенилсвинца. К раствору 1,7 г тетраацетата свинца** в 12 мл сухого хлороформа приливают при перемешивании раствор

* О невоспроизводимости данных Лесбра (⁴) по получению соединений RPbX_3 в алифатическом ряду см. (⁵).

** Применялся обычный чуть смоченный ледяной уксусной кислотой препарат. При пересчете на сухое вещество его количество отвечало 1 молю плюс избыток 10%.

17 г (кратно 1 молю) дифенилртути в 10 мл того же растворителя. Через $1\frac{1}{2}$ часа капля реакционной смеси при добавлении к ней воды перестает выделять бурый осадок двуокиси свинца, что указывает на отсутствие тетраацетата свинца.

Раствор охлаждают смесью снега с солью и прибавляют по каплям 2,25 мл спиртового раствора хлористого водорода (1 эквивалент). Температура плавления выпавшего в осадок вещества после фильтрования и перекристаллизации из ксилола равна 258° (температура плавления хлористой дифенилртути по литературным данным равна 258° (?). Выход 0,87 г (84,5% теории, уравнение (II)).

Фильтрат оставляют в постоянно эвакуируемом вакуум-эксикаторе до полного удаления растворителя. Кристаллический остаток (около 1,5 г) представляет собой практически чистый триацетат фенилсвинца (т. пл. $100-101^\circ$). После перекристаллизации из свежеперегнанного этилацетата с добавлением одной капли уксусной кислоты т. пл. $101-102^\circ$. Выход близок к теоретическому.

Температура плавления триацетата фенилсвинца, полученного по более раннему нашему методу ⁽³⁾ (из диацетата дифенилсвинца и уксуснокислой ртути), равна $101-102^\circ$. Смешанная проба без депрессии.

Найдено %: Pb 45,23; 45,09
 $C_6H_5Pb(OOCCCH_3)_3$ Вычислено %: Pb 44,92

Определение числа кислотных групп (кипячением спиртового раствора вещества с 0,1 *N* едким натром и титрование избытка последнего) дало 2,70 и 2,96.

Триизобутират фенилсвинца. Раствор 1,4 г (кратно 1 молю) дифенилртути в 7 мл сухого хлорсфрма приливают к раствору 2,4 г (кратно 1 молю плюс 10% избытка) триизобутирата свинца в том же объеме того же растворителя, подкисленного 2 каплями изомасляной кислоты. При обычной обработке 1,25 мл спиртового раствора хлористого водорода (1 эквивалент) количество выпавшей в осадок хлористой фенилртути равно 1,13 г (91,5% теории, уравнение (II)).

После удаления растворителя в вакуум-эксикаторе, как описано выше, остаток представляет собой мажущуюся массу, которая иногда при стоянии затвердевает. Вещество после перекристаллизации из гексана (или петролейного эфира) с добавлением 1—2 капель изомасляной кислоты имеет т. пл. $77-78^\circ$ (температура плавления триизобутирата фенилсвинца, полученного нами ранее по уравнению (I) $77-78^\circ$). Смешанная проба без депрессии. Выход 1,2 г (50% теории, уравнение (II)).

Найдено %: Pb 37,74; 37,93
 $C_6H_5Pb[OOCCCH(CH_3)_2]_3$. Вычислено %: Pb 37,99

Определение числа кислотных групп: 2,87 и 2,85.

По методике, описанной нами ранее ⁽³⁾, полученный в настоящем опыте триизобутират фенилсвинца был переведен в трибензоат фенилсвинца. Т. пл. $149,5-151^\circ$. По литературным данным т. пл. трибензоата фенилсвинца $149,5-151^\circ$ ⁽³⁾.

Триацетат *n*-толилсвинца. К горячему раствору 1,25 г (кратно 1 молю) ди-*n*-толилртути в 35 мл сухого хлорсфрма прибавляют 1,65 г (кратно 1 молю плюс 10% избыток, при пересчете на свободный от уксусной кислоты тетраацетат свинца). Раствор оставляют при комнатной температуре на сутки, затем обрабатывают, как обычно, спиртовым раствором хлористого водорода. Выпавший осадок через 20 мин. отсасывают. Вес хлористой *n*-толилртути 1 г (94% теории, уравнение (II). Т. пл. 238° ; т. пл. по литературным данным $238-239^\circ$ (?). Из фильтрата после удаления, как обычно, растворителя получают 1,52 г кристаллического вещества

с т. пл. 82—84°. После перекристаллизации из ацетона с добавлением 1—2 капель уксусной кислоты т. пл. 87°. Температура плавления триацетата *n*-толилсвинца, полученного иным нашим методом, 86—88°⁽³⁾. Выход 1 г (66,6% теории, уравнение (II)). Смешанная проба без депрессии.

Найдено %: Рb 43,44
 $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{Pb}(\text{OOCCH}_3)_3$. Вычислено %: Рb 43,59

Определение числа кислотных групп: 2,83 и 2,90.

Физико-химический институт
им. Л. Я. Карпова
Свердловский государственный
медицинский институт

Поступило
13 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. П. Глушкова, К. А. Кочешков, ДАН, **103**, 615 (1955) ² G. L. w i g, Chem. Ann. **88**, 318 (1853). ³ Е. М. Панов, К. А. Кочешков, ДАН, **88**, 1037, 1293, (1952); Изв. АН СССР, ОХН, 1955, № 4, 711, 718. ⁴ M. Lesbre, C. R., **210**, 535 (1940). ⁵ G. Calingaert, H. Shapiro, F. Dykstra, L. Hess, I. Am. Chem. Soc. **70**, 3902 (1948). ⁶ М. М. Надь, К. А. Кочешков, ЖОХ, **12**, 409 (1942). ⁷ А. Н. Несмеянов, ЖРХО, **61**, 1391 (1929).

Академик А. В. ТОПЧИЕВ, С. С. НИФОНТОВА, Р. Я. СУЩИК
и А. А. СУЧКОВА

НОРМАЛЬНЫЕ ПАРАФИНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, ВЫДЕЛЕННЫЕ ИЗ КЕРОСИНА РОМАШКИНСКОЙ НЕФТИ

Нормальные парафиновые углеводороды обнаружены почти во всех нефтях, но количество их сильно колеблется и зависит главным образом от типа нефтей; так, например, нафтеновые и асфальтеновые нефти содержат их лишь в очень ограниченном количестве. Из советских нефтей наиболее богаты парафиновыми углеводородами грозненские парафинистые нефти (1). Содержание парафиновых углеводородов в лигроино-керосиновых фракциях различных нефтей по данным ГрозНИИ (1) колеблется от 11 до 68%.

Несмотря на присутствие в лигроино-керосиновых фракциях значительного количества парафиновых углеводородов, число нефтей, из которых были изолированы *n*-парафиновые углеводороды, выкипающие в интервале

Таблица 2
Содержание *n*-парафиновых углеводородов во фракциях ромашкинского керосина

Т. кип. в °С	Содержание в %			
	всего парафинов. углеводород. на фракцию	<i>n</i> -парафинов на фракцию	<i>n</i> -парафинов на керосинов. фракцию	<i>n</i> -парафинов на нефть
175—200	58,9	13,1	0,53	0,10
200—225	52,6	16,0	0,55	0,12
225—250	63,5	24,6	0,76	0,17
250—275	49,8	22,4	1,7	0,38
275—300	56,0	22,1	0,93	0,20

Таблица 1

Т. кип. в °С	d_4^{20}	n_D^{20}	Максимальная анилин. точка	Т. застыв. в °С
275—200	0,7685	1,4285	75	49,5
200—225	0,7765	1,4340	80,7	—39,5
225—250	0,7895	1,4440	82,7	—29,5
250—275	0,7984	1,4450	89,2	21,8
275—300	0,8039	1,4510	96	—5,8

200—300°, невелико. Это объясняется теми трудностями, которые встречаются обычно при выделении *n*-парафиновых углеводородов вследствие присутствия большого числа изомеров нафтенового и изопарафинового рядов, увеличивающегося с повышением температуры кипения. Для выделения *n*-парафиновых углеводородов из нафтеново-парафиновой смеси в настоящее время применяют метод дробной кристаллизации и метод комплексообразования *n*-парафинов с мочевиной. Однако применение последнего метода ограничено содержанием углеродных атомов в исследуемом углеводороде. Комплексы способны образовывать *n*-парафины, содержащие углеводородные атомы от C₉ до C₂₄. Метод, открытый в 1940 г. Бенгеном (3), быстро нашел широкое применение не только в исследовательских работах (4-5), но и в технике, о чем свидетельствуют многочисленные патенты, опубликованные за последние годы.

Для изучения природы нормальных парафинов, входящих в состав отдельных лигроино-керосиновых фракций ромашкинской нефти, сырая нефть разгонялась на укрупненной лабораторной колонне. Лигроино-керосиновые фракции отбирались в вакууме при остаточном давлении 30 мм рт. ст.

Таблица 3

Характеристика узких фракций *n*-парафиновых углеводородов, выделенных из ромашкинского керосина, и *n*-парафинов, описанных в литературе

Т. кип. в вакууме в °С и давл. в мм рт. ст.	Т. кип. в °С при 760 мм	d_{4}^{20}	n_D^{20}	Т. заст. в °С	Максимальная англин. точка	Мол. вес	Эмпирическая формула	Углеводород	Т. кип. в °С и давл. в мм рт. ст.	d_{4}^{20}	n_D^{20}	Максимальная англин. точка	Мол. вес	Т. заст. в °С	Максимальная англин. точка
63,5—64,5 (10)	174—175	0,7318	1,4229	-29,0	76,6	137,5	$C_{15}H_{32}$	Декан	174	0,7300	1,4120	77,5	142	-29,7	77,5
75—76 (10)	194—194,5	0,7408	1,4479	-26,0	80,6	155,5	$C_{17}H_{34}$	Ундекан	195,8	0,7402	1,4172	80,6	156	-25,6	80,6
82—82,5 (6)	214,5—215	0,7496	1,4720	-12,6	83,6	169,8	$C_{19}H_{40}$	Додекан	216,8	0,7487	1,4219	83,7	170	-9,6	83,7
98—98,6 (6)	233,7—234,9	0,7575	1,4963	—	86,6	181,5	$C_{21}H_{42}$	Тридекан	236,6	0,7567	1,4255	87,5	184	-6,2	87,5
110—110,5 (5)	252,5—254	0,7639	1,4297	5,5	89,6	195,4	$C_{23}H_{46}$	Тетрадекан	253,5	0,7632	1,4288	89,5	198	-5,5	89,5
122—123 (5)	263,9—266,9	0,7701	1,4528	7,6	92,4	210,6	$C_{25}H_{50}$	Пентадекан	272,5	0,7689	1,4310	92,0	212	10	92,0
140—142 (3)	281—283	0,7755	1,4330	18,5	94,8	225,5	$C_{27}H_{54}$	Гексадекан	286,5	0,7749	1,4343	95,0	226	18	95,0
145—147 (3)	—	0,7768	1,4340	22,5	98,7	240,0	$C_{29}H_{58}$	Гептадекан	146	0,7767	1,4360	98,0	240	21	98,0
150—153 (3)	—	0,7771	1,4356	28,0	100,5	252	$C_{31}H_{62}$	Октадекан	158	0,7822	1,4344	100,0	254	28	100,0
		(25°)	(30°)						(5)	(25°)	(25°)				
		(25°)	(30°)						(6)	(28°)	(32°)				

Каждая выделенная фракция деароматизировалась пропусканием через силикагель. Нафтенно-парафиновая часть обрабатывалась мочевиной согласно методике, описанной ранее (4), и несколько детализированной в Институте нефти Академии наук СССР (7). Выделение *n*-парафинов в основном заключалось во взбалтывании отдельных фракций с мочевиной с добавлением метилового спирта и изопентана. Образовавшийся кристаллический комплекс мочевины — *n*-парафиновых углеводородов отфильтровывался тщательно отмывался большим количеством изопентана. Осадок подсушивался на воздухе и в измельченном виде разлагался горячей водой. Выделившиеся при этом жидкие *n*-парафины пропускались для доочистки через силикагель и подвергались фракционной перегонке на вакуумной колонке.

Объектом исследования являлись 25-градусные фракции нафтенно-парафиновых углеводородов ромашкинского керосина. Характеристика фракций приведена в табл. 1. Из таблицы видно, что исследуемые нафтенно-парафиновые фракции имеют низкие плотности и показатели преломления и высокие анилиновые точки, что указывает на наличие значительного количества парафиновых углеводородов.

В табл. 2 приведено общее содержание парафиновых углеводородов, найденное по методу, принятому для определения группового химического состава и содержание нормальных парафиновых углеводородов, установленное весовым способом, т. е. путем выделения *n*-парафинов через комплексобразование с мочевиной. Методика количественного определения *n*-парафинов заключалась в обработке мочевиной 100 г деароматизированной фракции. После разрушения комплекса *n*-парафиновые углеводороды взвешивались, найденное количество пересчитывалось на исходную фракцию. При определении содержания *n*-парафинов соблюдалась строгая аналитическая точность.

Из табл. 2 видно, что содержание нормальных парафинов в отдельных фракциях колеблется от 13 до 24,6%.

Выделенные вышеуказанным способом нормальные парафины подвер-

шлись фракционировке на вакуумной колонке. В результате проведения нескольких фракционировок удалось изолировать довольно узкокипящие фракции, которые по температурам кипения соответствовали индивидуальным парафиновым углеводородам. Характеристика выделенных фракций дана в табл. 3, где приведены данные для синтетических *n*-парафинов⁽⁸⁾, описанных в литературе. Из сопоставления свойств можно сделать вывод, что керосиновые фракции, выкипающие в интервале 175—300°, содержат гомологи нормальных парафиновых углеводородов от C₁₀ до C₁₈, т. е. от декана до октадекана. Наличие некоторого расхождения в отдельных константах в выделенных парафинах можно объяснить возможным присутствием небольших количеств малоразветвленных парафинов, которые также легко реагируют с мочевиной.

Институт нефти
Академии наук СССР

Поступило
13 III 1956

ЦИТИРОВАННАЯ} ЛИТЕРАТУРА

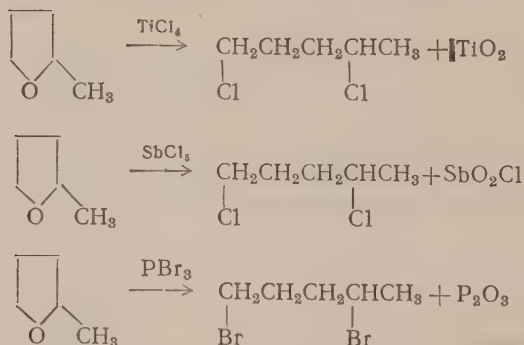
- ¹ А. Ф. Добрянский, Геохимия нефти, Л. — М., 1948. ² Химический состав нефти и нефтяных продуктов, Тр. ГрозНИИ, стр. 137—152, изд. 2-е, М.—Л., 1935. ³ F. Bengen, Germ., pat. Application O. Z. 12438, 1940. ⁴ W. J. Zimmerchud, A. Dinerstein et al., J. Am., Chem. Soc., **71**, 2947 (1949). ⁵ W. J. Zimmerchud, R. A. Dinerstein et al., Ind. and Eng. Chem., **42**, 7, 1300 (1950). ⁶ Н. Ж. Нерр, Е. О. Вох et al., Ind. and Eng. Chem., № 1, 112 (1953). ⁷ Л. М. Розенберг, И. С. Генех, ДАН, **84**, № 3, 523 (1952). ⁸ Physical Constants of the Principal Hydrocarbons, 4-d ed., 1943.

Член-корреспондент АН СССР Н. И. ШУЙКИН и И. Ф. БЕЛЬСКИЙ

О РАСКРЫТИИ ТЕТРАГИДРОФУРАНОВОГО ЦИКЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕКОТОРЫХ ГАЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Как было показано нами в работе (1), цикл тетрагидрофурана легко расщепляется под действием безводных галоидных солей алюминия ($AlCl_3$ и $AlBr_3$) с образованием 1,4-дигалоидзамещенных алифатических углеводородов. В настоящей работе нами исследована возможность раскрытия тетрагидрофуранового цикла при действии на него некоторых других галоидных содержащих агентов. Рядом авторов было установлено, что цикл тетрагидрофурана подвергается раскрытию при действии галоидоводородов (2-5), трехбромистого фосфора (6), галоидацидов (7).

Мы исследовали действие на тетрагидросильван четыреххлористого титана, хлорного олова, пятихлористой сурьмы, трехбромистого фосфора, хлорокиси фосфора ($POCl_3$) и хлористого сульфурита. При этом оказалось, что только $TiCl_4$, $SbCl_5$ и PBr_3 обладают способностью раскрывать тетрагидрофурановый цикл с образованием в качестве основного продукта 1,4-дигалоидпентана. Реакция между $TiCl_4$, $SbCl_5$ и тетрагидросильваном протекает чрезвычайно энергично, с большим выделением тепла. Наоборот, трехбромистый фосфор по сравнению с ними является мягким расщепляющим агентом. Хлорное олово, хлорокись фосфора и хлористый сульфурит даже при нагревании в течение 5 час. практически не расщепляют тетрагидрофуранового цикла. Исследование твердых осадков, образовавшихся в результате реакции тетрагидросильвана с $TiCl_4$, $SbCl_5$ и PBr_3 показало, что они представляют собой двуокись титана, хлорокись сурьмы (SbO_2Cl) и фосфористый ангидрид. Следовательно, основное направление реакций тетрагидросильвана с $TiCl_4$, $SbCl_5$ и PBr_3 можно представить в следующем виде:



Тетрагидросильван, полученный гидрированием сивана на скелетном никелевом катализаторе, имел следующие свойства: т. кип. 79—79,2° (750 мм), d_4^{20} 0,8582 и n_D^{20} 1,4060.

В трехгорлую колбу, снабженную механической мешалкой, капельной воронкой и обратным холодильником, помещался 1 моль тетрагидросильвана. Затем при охлаждении колбы смесью сухого льда с ацетоном из капель-

ной воронки медленно (в течение 1,5—2 час.) приливалось 0,5 моля TiCl_4 или SbCl_5 . При проведении реакции с трехбромистым фосфором, который брался в количестве $2/3$ моля на 1 моль тетрагидросильвана, колба нагревалась на водяной бане и трехбромистый фосфор постепенно прибавлялся из кипящий тетрагидросильван. После приливания всего количества галоидного соединения реакционная смесь нагревалась около двух час. на водяной бане. Продукты реакции экстрагировались эфиром, эфирная вытяжка промывалась раствором соды и отделялась от твердого осадка. После высушивания оплавленным поташом и отгонки эфира продукты реакции подвергались разгонке при уменьшенном давлении.

1,4-Дихлорпентан, полученный при действии на тетрагидросильван четыреххлористого титана (выход 70—75% от теоретического) и пятихлористой сурьмы (выход 50—55%), обладал следующими свойствами: т. кип. -57 — $-58^\circ/7$ мм, d_4^{20} 1,0779; n_D^{20} 1,4480 найдено MR_D 35,03, для $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{Cl}_2$ вычислено MR_D 35,02.

1,4-Дибромпентан, полученный при действии трехбромистого фосфора на тетрагидросильван с выходом не менее 90%, имел т. кип. 79 — $80^\circ/9$ мм, d_4^{20} 1,6868; n_D^{20} 1,5087; найдено MR_D 40,68, для $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{Br}_2$ вычислено MR_D 40,82.

Таким образом, установлено, что при действии четыреххлористого титана и пятихлористой сурьмы и трехбромистого фосфора на тетрагидросильван происходит раскрытие тетрагидрофуранового цикла с образованием, соответственно, 1,4-дихлор- и 1,4-дибромпентанов.

В аналогичных условиях хлорное олово, хлорокись фосфора и хлористый сульфурил не оказывают расщепляющего действия на тетрагидрофурановый цикл.

Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского
Академии наук СССР

Поступило
2 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. И. Шуйкин, И. Ф. Бельский, Изв. АН СССР, ОХН, 1956, № 5, 767.
² W. Froebe, A. Hochstätter, Monatsh. f. Chem., 23, 1087 (1902). ³ Starr, Nixon, J. Am. Chem. Soc., 56, 1595 (1934). ⁴ S. Fried, R. Kleen, J. Am. Chem. Soc. 63, 2691 (1941). ⁵ E. J. du Pont de Nemours, Фр. патент, 864, 758, 5 V 1941; Chem. Abstr., 43, 1433 (1949). ⁶ J. Cloke, O. Ayers, J. Am. Chem. Soc., 56, 2144 (1934). ⁷ Я. Л. Гольфарб, Л. М. Сморгонский, ЖОХ, 8, 1516 (1938).

Н. Я. БУНЭ и Я. М. КОЛОТЫРКИН

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ В РАСТВОРЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

(Представлено академиком В. А. Каргиным 2 VI 1956)

Влияние анодной поляризации на коррозионное поведение нержавеющей стали в кислых растворах электролитов исследовалось неоднократно⁽¹⁾. В большинстве этих исследований использовался обычный метод поляризационных измерений, заключающийся в определении потенциала при последовательном увеличении поляризующего анодного тока. При этом было установлено, что при достижении некоторой критической плотности тока наблюдается скачкообразное смещение потенциала в положительную сторону почти на 1,5 до значения, равного $+1,3$ — $+1,35$ в. Таким образом этот метод измерений не дает возможности установить зависимость скорости растворения от потенциала в широкой области поляризаций, соответствующей пассивному состоянию стали.

За последнее время при изучении коррозионных процессов в нашей лаборатории был использован потенциостатический метод поляризационных измерений⁽²⁾, сущность которого заключается в том, что при каждом заданном значении потенциала электрод выдерживается до установления стационарной плотности тока или, что то же, стационарной скорости растворения. Сходный метод был использован также в работах немецких авторов, исследовавших поведение запассивированного железного электрода⁽³⁾.

В настоящем сообщении изложены первые результаты применения потенциостатического метода для исследования электрохимического и коррозионного поведения нержавеющей стали (марки IX18H12T) в растворе 1,0 н H_2SO_4 .

Экспериментальные результаты, характеризующие зависимость стационарной скорости растворения стали от потенциала, приведены на рис. 1, 1. При потенциалах, лежащих отрицательнее $-0,05$ в и положительнее $+1,2$ в, при которых наряду с растворением металла, могло происходить также выделение водорода или кислорода, скорость растворения определялась по изменению веса электрода.

Из рисунка видно, что отрицательнее $-0,15$ в (отрезок АБ) сохраняется обычная для анодных реакций зависимость скорости растворения от потенциала. При потенциале $-0,15$ в растворение достигает максимальной скорости, равной $1 \cdot 10^{-4}$ а/см². Дальнейшее смещение потенциала в сторону положительных значений сопровождается уменьшением скорости растворения, хотя зависимость между этими величинами и в этом случае выражается тафелевской прямой с наклоном 0,07 (участок БВ). При смещении потенциала от $+0,15$ до $+0,25$ в наблюдается рост скорости растворения (участок ВГ). В интервале потенциалов от $+0,30$ до $+0,60$ в (участок ДЕ) скорость растворения сохраняет постоянное значение, не зависящее от потенциала электрода. Начиная от потенциала 0,65 в дальнейший переход в сторону положительных значений сопровождается систематическим увеличением скорости растворения, нарушаемым только небольшим торможением процесса в интервале потенциалов от $+0,90$ до $+1,0$ в. В области потенциалов

1,2—+1,4 в кинетика растворения характеризуется тафелевской прямой наклоном 0,08 в.

Таким образом, область наибольшей коррозионной стойкости исследованной марки стали ограничена интервалом потенциалов от +0,15 до +0,65 в. скорость растворения в этой области не превышает $3 \cdot 10^{-8}$ а/см².

Для сравнения на рис. 1,2 приведены результаты, полученные в тех же условиях с помощью обычного метода поляризационных измерений. Эти результаты хорошо согласуются с данными, приведенными в работе Н. Д. Тошашева и Г. П. Черновой (1)

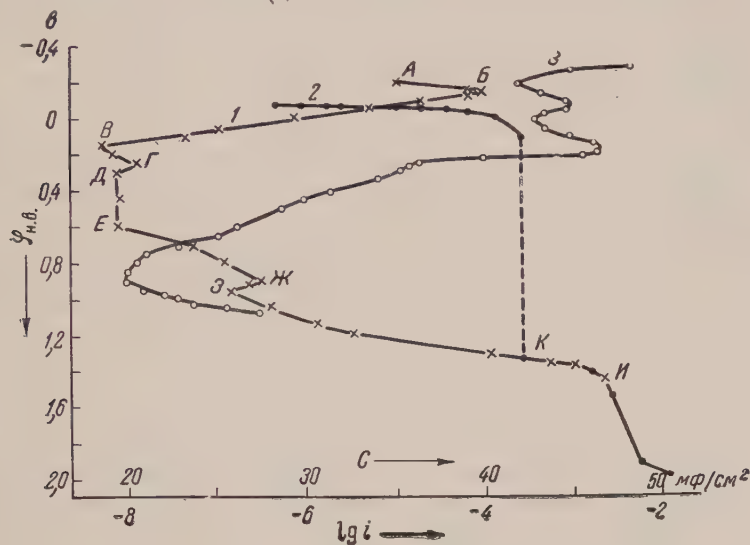


Рис. 1. 1 — зависимость логарифма стационарной скорости растворения стали от потенциала в 1,0 н Н₂SO₄; 2 — быстро снятая поляризационная кривая; 3 — зависимость дифференциальной емкости от потенциала при 200 гц

Совпадение результатов, полученных обычным и потенциостатическим методами, наблюдается только при потенциалах, лежащих положительнее +1,35 в. Из сопоставления кривых 1 и 2 отчетливо видно преимущество потенциостатического метода поляризационных измерений над обычным. Как было показано выше, полученная с помощью этого метода поляризационная кривая дает возможность определить поляризационные границы области пассивации, а также размеры коррозионных потерь в этой области и, следовательно, является важнейшей коррозионной характеристикой стали. Учитывая, что степень запассивированности металлической поверхности является только функцией потенциала, эта кривая дает возможность определять скорость растворения металла по величине стационарного потенциала, не прибегая к прямому измерению размеров коррозионных потерь.

В соответствии с высказанным ранее предположением (2), поддержание пассивного состояния в наших опытах можно было осуществлять не только поляризацией электрода небольшим анодным током, но и путем введения в раствор окислителя, способного восстанавливаться в соответствующей области поляризации. Так, если в отсутствие окислителя стационарный потенциал исследованной нами марки стали в серной кислоте лежал отрицательнее потенциала нормального водородного электрода и растворение (за счет выделения водорода) происходило со значительной скоростью, то введение в раствор кислорода воздуха приводило к смещению этого потенциала до +0,060—+0,120 в с одновременным уменьшением скорости растворения. Добавление 0,1 г-экв/л Fe₂(SO₄)₃ приводило к смещению стационарного потенциала до +0,800 в, т. е. до начального участка области перепас-

сивации, где, как это было подтверждено результатами прямых измерений, скорость растворения остается еще незначительной.

Близость потенциала точки K , до которого стальной электрод заполяризуется критической плотностью тока, к нормальному потенциалу окислительно-восстановительного перехода между ионами 3- и 6-валентного хрома (+1,36 в), дало основание Н. Д. Томашеву и Г. П. Черновой сделать вывод, согласно которому достижение этого потенциала является необходимым условием для наступления явления перепассивации нержавеющей стали различных классов. В действительности, как это видно из рис. перепассивация начинается при значительно более отрицательных потенциалах. Потенциалу +1,36 в не соответствует какое-либо изменение характера зависимости скорости растворения стали от потенциала.

Для выяснения природы пассивного состояния стали нами были измерены дифференциальная емкость и омическое сопротивление стального электрода в тех же условиях в широком интервале потенциалов. Измерение проводилось с помощью переменного тока высокой частоты. Полученные данные представлены кривой 3 рис. 1.

Как видно из рисунка, в области, предшествующей пассивации, смещение потенциала в сторону положительных значений сопровождается, как обычно, сперва уменьшением емкости, а затем ее значительным ростом. Из рассмотрения дальнейшего хода кривой можно сделать вывод, что пассивация стали в серной кислоте протекает, по-видимому, в две стадии. В первой стадии, в которой наблюдается наибольшее торможение процесса растворения с потенциалом, величина емкости не претерпевает существенного изменения. Как видно из рисунка, смещение потенциала в сторону положительных значений от -0,150 в приводит сперва к замедлению роста емкости, начавшегося при более отрицательных потенциалах, а затем к ее небольшому уменьшению, которое вблизи нуля сменяется новым ростом. Во второй стадии пассивации, начинающейся при +0,200 — +0,250 в, наблюдается более заметное изменение емкости, которая при переходе от +0,200 до +0,750 в уменьшается почти в два раза. Аналогично тому, как это было установлено нами при исследовании активированной адсорбции анионов на свинце⁽⁴⁾, вид кривой емкости на стали зависел от скорости проведения измерений.

Величина омической составляющей в наших опытах не превышала нескольких ом на кв. сантиметр и мало зависела от потенциала.

Найденные величины емкости и сопротивления, так же как и изменения их с потенциалом, свидетельствуют, очевидно, о том, что пассивация стали не сопровождается образованием на ее поверхности фазовой пленки, появление которой должно было бы приводить к более существенному изменению как емкости, так и сопротивления. На основании этих результатов и в соответствии с высказанным ранее предположением⁽²⁾ можно, по-видимому, принять, что пассивация стали сводится к кинетическому торможению анодной реакции, вызываемому изменением состояния электродной поверхности в результате адсорбционно-химического взаимодействия поверхностных атомов металла с кислородом воды или анионами электролита. Наблюдаемую зависимость стационарной скорости растворения от потенциала можно объяснить, если принять, что степень изменения состояния поверхности и перенапряжение анодной реакции возрастают с потенциалом по экспоненциальному закону.

Таким образом, если в обычных условиях зависимость скорости растворения от потенциала может быть выражена уравнением

$$i = k_1 e^{\frac{\beta_1 F}{RT} \varphi}, \quad (1)$$

то при наложении процесса пассивации необходимо принимать во внимание наличие экспоненциальной зависимости от потенциала постоянной k_1 , характеризующей природу металла и состояние его поверхности:

$$k_1 = k_2 e^{\frac{-\beta_2 F}{RT} \varphi}. \quad (2)$$

При этом условии изменение стационарной скорости растворения с потенциалом должно следовать уравнению

$$i_{\text{ст}} = k_2 e^{\frac{(\beta_1 - \beta_2) F}{RT} \varphi} \quad (3)$$

Как видно из этого уравнения, в зависимости от соотношения между постоянными β_1 и β_2 , смещение потенциала в сторону положительных значений может сопровождаться как повышением, так и снижением стационарной скорости растворения. На первой стадии пассивации рост скорости растворения, в соответствии с уравнением (1), не успевает за ее торможением, вызываемым изменением состояния поверхности ($\beta_1 < \beta_2$). Во второй стадии рост скорости и ее торможение взаимно компенсируют друг друга, что приводит к исчезновению зависимости стационарной скорости растворения от потенциала.

В соответствии с изложенным выше, правильнее, по-видимому, говорить не о пассивации металлической поверхности вообще, а о пассивации ее по отношению к определенной реакции или реакциям. В рассматриваемом нами случае речь идет о пассивации стали по отношению к реакциям образования металлических ионов низших степеней окисления.

Поступило
21 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. М. Волчкова, А. И. Красильщиков, А. Г. Антонова, Тр. Гос. инст. азотн. пром., **1**, 228 (1953); Н. Д. Томашев, Г. П. Чернова, ДАН, **104**, 104 (1955); В. П. Батраков, ДАН, **99**, 97 (1954); В. М. Новаковский, А. И. Левин, ДАН, **99**, 129 (1954). ² Я. М. Колотыркин, В. М. Княжева, ЖФХ, **30**, № 9 (1956). ³ U. F. Franck, K. G. Weil, Zs. Elektrochem., **58**, 814 (1952); K. G. Weil, K. G. Bonhoeffer, Zs. Phys. Chem., **4**, 175 (1955). ⁴ Я. М. Колотыркин, Н. Я. Бунз, ЖФХ, **29**, 435 (1955).

А. Н. ПЕТРОВА

НОВЫЕ ДАННЫЕ О БИОСИНТЕЗЕ ГЛИКОГЕНА В ПЕЧЕНИ

(Представлено академиком А. В. Палладиным 22 VI 1956)

В настоящее время достаточно хорошо изучен процесс синтеза гликогена из глюкозы, включающий 3 этапа: при действии гексокиназы в присутствии АТФ глюкоза фосфорилируется в глюкозо-6-фосфат, который превращается под воздействием фосfogлюкомутазы в глюкозо-1-фосфат, синтезирующийся в гликоген при действии фосфоролазы. Однако, как показали наши исследования, в печени существует и другой путь синтеза гликогена из глюкозы.

Опыты проводились со срезами и экстрактами печени. Срезы инкубировались в атмосфере воздуха с глюкозой в солевой смеси, содержащей ионы калия, магния и кальция; такая среда благоприятна для синтеза гликогена (1). Опыты ставились в присутствии яда — динитрофенола. После инкубации срезы тщательно отмывались от инкубационной жидкости, растирались в трихлоруксусной кислоте, и полученный экстракт подвергался исследованию на содержание гликогена и фосфора АТФ. Гликоген определялся либо путем осаждения его спиртом из трихлоруксусного экстракта с последующим определением глюкозы осадка после кислотного гидролиза, либо путем учета редукции Ва-растворимости фракции и после кислотного гидролиза при фракционировании экстракта. Лабильный фосфор АТФ определялся после осаждения уксуснокислой ртутью (2).

Экстрагирование тканей печени производилось спиртом (1 объем), полученная взвесь нагревалась до 45—50° в течение нескольких минут и ткань отцентрифуговывалась. Из полученного таким образом экстракта спирт удалялся в вакууме при 50°, и водный остаток подвергался разведению водой до исходного объема, либо исследовался в виде концентрированного экстракта. Пробы до и после инкубации осаждались трихлоруксусной кислотой, экстракт подвергался фракционированию спиртом в присутствии ионов бария и разделялся на осадок и спиртовую вытяжку (3). Осадок, содержащий фосфорные соединения и гликоген, растворялся в 0,1 *N* HCl. Для определения гликогена из раствора отбирались пробы, в которых учитывалась редукция до и после кислотного гидролиза; гидролиз проводился в 2,2% HCl (конечная концентрация) в течение 3 часов. Содержание гликогена, указанное в таблицах, вычислялось путем вычитания величины редукции до кислотного гидролиза из величины редукции после кислотного гидролиза и умножения полученной разности на коэффициент 0,927.

Опыты показали, что при инкубировании срезов печени с глюкозой в них происходит довольно сильное накопление гликогена (табл. 1). Так, через 60 мин. инкубации в 1 г срезов количество гликогена увеличилось на 2—3 мг по сравнению с контрольными срезами, которые находились в идентичных условиях, но без глюкозы. В опыте № 1 увеличение гликогена было наибольшим, оно достигало 3,7 мг, в других опытах оно колебалось от 1,86 до 2,13 мг в 1 г (см. табл. 1). Такая же картина наблюдалась и при инкубировании срезов в идентичных условиях, но в присутствии яда 2,4-динитрофенола. В этом случае количество гликогена в срезах увеличивалось в такой же степени, как и в опытах без применения ДНФ.

Таблица 1

Влияние 2,4-динитрофенола на содержание гликогена в срезах печени, инкубированных с глюкозой и без нее

Инкубационная смесь: 1 г срезов + 60 мг глюкозы + 6 мг солевой смеси + ДНФ ($2 \cdot 10^{-4}$ М). Солевая смесь: в 100 мл H_2O : KCl — 520 мг, $MgSO_4$ — 401 мг, $CaCl_2$ — 220 мг, $KHCO_3$ — 400 мг; обозначения: г — с глюкозой, б. г. — без глюкозы. Инкубация 1 час, pH — 7,2–7,5

№№ ОПЫТОВ	Без ДНФ		С ДНФ		Увеличение гликогена	
	гликоген в мг на 1 г срезов					
	г.	б. г.	г.	б. г.	без ДНФ	с ДНФ
1	50,4	46,7	53,9	50,4	3,7	3,5
2	23,65	21,52	23,02	20,86	2,13	2,16
3	11,21	9,35	11,53	9,4	1,86	1,93
4	68,5	66,4	69,1	67,15	2,1	1,95

АТФ в μ г 10-Р на 1 г срезов

№№ опытов	исходн.	с ДНФ		контроль	
	—	г.	б. г.	г.	б. г.
1	65	10	8	24	28
2	70	12	15	20	24

В настоящее время хорошо известно, что энергия процессов дыхания клетки трансформируется в энергию макроэргических фосфатных связей и что имеются так называемые диссоциирующие яды (динитрофенол, азид натрия и др.), которые лишают дыхание способности обеспечивать выработку богатых энергией фосфорных соединений. Из литературных данных также известно, что средние дозы ДНФ (10^{-4}) вызывают уменьшение запасов клеточной АТФ, так как не происходит ее ресинтеза (^{5,4}).

Из этих данных видно, что наблюдавшийся нами синтез гликогена в срезах печени при инкубировании их с глюкозой происходил независимо от гексокиназной реакции и действия АТФ. Если бы наблюдаемые нами явления были связаны с указанной реакцией, тогда в опытах с ДНФ синтез гликогена не должен был бы идти, или он был бы значительно ниже, чем в опытах без ДНФ. Присутствие этого яда в инкубационной смеси в применяемых нами концентрациях ($2 \cdot 10^{-4}$) вызывает понижение тканевой АТФ, как указывают данные, приведенные в нижней части табл. 1. Однако и в пробах без ДНФ количество АТФ было достаточно низкое; это объясняется, по-видимому, тем обстоятельством, что при инкубировании срезов печени в атмосфере воздуха (а не кислорода) снижалось дыхание.

Положение о том, что синтез гликогена из глюкозы в печени может протекать без участия гексокиназы, фосфоглюкомутазы и фосфолазы, было показано нами в опытах с экстрактами печени.

Исследование этих препаратов печени показало, что они содержат незначительное количество гликогена (табл. 2). Эти экстракты совершенно не обладают фосфолазным действием, а фосфоглюкомутазная их активность была выражена либо очень слабо, либо полностью отсутствовала. Тем не менее гликоген в этих экстрактах синтезировался. Так, из данных табл. 2 видно, что гликоген, содержащийся в этих препаратах в количестве от 1,34 до 2 мг в 1 мл, возрастает после инкубации с глюкозой в 1,5 — 2 раза. Наиболее сильное накопление гликогена наблюдалось в опытах №№ 1 и 3.

Нагревание экстрактов при 100° в течение 10 мин. полностью уничтожало способность этих препаратов синтезировать гликоген. В этих опытах (так же как и в последующих) мы использовали разведенные экстракты, содержащие очень небольшие количества гликогена, увеличение которого во время инкубации было особенно заметно. В табл. 3 показано, что при инкубации

Фосфоролазная и фосфоглюкомутазная активность „спиртовых“ экстрактов печени и синтезирующего гликоген действия

Инкубационная смесь: для исследования фосфоролазы экстракт + гликоген; для исследования фосфоглюкомутазы и синтезирующего действия фосфоролазы: экстракт + глюкозо-1-фосфат

№№ препа- ратов	Фосфоролаза						Фосфоглюко- мутаза		Гликоген (в мг на 1 мл)		
	фосфоролитическое действие			синтезирующее дей- ствие			превращение г-1-ф в труд- ногидролиз. фосфор (в %)		до инк.	1,5 ч. инк.	нарастание гликогена
	до инк.	1,5 ч. инк.	убыль фосфо- ра	до инк.	1,5 ч. инк.	нарастание фосфора					
	Р в рг			Р в рг			до инк.	1,5 ч. инк.			
1	60	59	0	71	75	0	0	6	1,34	2,41	+1,07
2	77	80	0	100	98	0	0	0	1,54	2,55	+1,05
3	120	125	0	60	62	0	0	8	2,0	3,2	+1,2
4	90	91	0	88	90	0	0	0	1,83	2,55	+0,72

Т а б л и ц а 3

Влияние нагревания на активность спиртовых экстрактов (условия опыта те же)

Обозначения: а — гликоген в мг на 1 мл, б — неорганич. фосфор в рг на 1 мл

Исследо- мые экстракты	Время инкубации							
	0 ч.		30 мин.		60 мин.		120 мин.	
	а	б	а	б	а	б	а	б
№ 1	0,100	37,5	0,150	40	0,360	38	0,540	45
№ 1 (нагр.)	0,120	—	0,122	—	0,125	—	0,110	—
№ 2	0,195	45	0,200	50	0,270	40	0,360	47
№ 2 (нагр.)	0,180	—	0,175	—	0,200	—	0,190	—

экстракта с глюкозой в нем происходит увеличение количества гликогена в то время как после нагревания это действие экстракта совершенно не обнаруживается. Увеличение количества полисахарида происходит с разной интенсивностью через различные промежутки времени (табл. 3). Максимальное действие наблюдается через 1 час, а затем оно ослабляется. Параллельное исследование неорганического фосфора, которое не изменялось за те же промежутки времени, являлось контролем на отсутствие фосфоролазного действия изучаемых экстрактов.

Образование гликогена в экстрактах печени не связано с изменением содержания в них редуцирующих фосфорных эфиров, каковыми являются преимущественно гексозо-монофосфорные эфиры⁽³⁾. Из данных табл. 4 видно, что эти экстракты содержат довольно большие количества указанных соединений, однако содержание их существенно не изменяется (как и неорганического фосфора) при увеличении количества гликогена. Эти данные также указывают на то, что механизм синтеза гликогена не связан с действием гексокиназы-фосфоролазы.

Таким образом, на основании опытов как со срезами, так и с экстрактами печени можно сделать вывод о том, что в печени превращение

Синтез гликогена и содержание фосфорных эфиров в экстрактах печени
(условия опыта те же)

№№ пытов	Редуцирующие фосфорные эфиры (в мг в 1 мл)			Неорганический фосфор (в μ г в 1 мл)			Гликоген (в мг в 1 мл)		
	время инкубации								
	0 мин.	30 мин.	6 0 мин.	0 мин.	30 мин.	60 мин.	0 мин.	30 м.	60 м.
1	0,435	0,460	0,490	60	65	70	0,1	0,195	0,340
2	0,580	0,589	0,590	50	58	59	0,135	0,180	0,470
3	0,620	0,600	0,610	77	78	72	0,215	0,410	0,485
4	0,675	0,660	0,670	47	50	51	0,105	0,270	0,315

Глюкозы в гликоген происходит не только через гексокиназу, фосфоглюкомутазу и фосфоролазу, но и другим путем, механизм которого нам пока неизвестен и является предметом наших дальнейших исследований.

Поступило
22 VII 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ H. Rebold и др., J. Biol. Chem. **204**, 533 (1953). ² Н. П. Мешкова, С. Е. Северин, Практикум по биохимии животных, 1950, стр. 170. ³ Р. М. Бекина, А. Н. Петрова, Биохимия, **20**, № 4 (1955). ⁴ Н. П. Лисовская, Биохимия, **20**, 225 (1955). ⁵ G. H. Mudge и др. J. Biol. Chem., **210**, 965 (1954).

Е. Л. РОЗЕНФЕЛЬД и И. С. ЛУКОМСКАЯ

О ВОЗМОЖНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ В ПЕЧЕНИ ПОЛИСАХАРИДА, ОТЛИЧНОГО ОТ ГЛИКОГЕНА

(Представлено академиком А. И. Опариным 25 VII 1956)

Нами было показано, что в различных животных тканях имеется энзим, расщепляющий 1,6-связи в декстрани с образованием глюкозы. Этот энзим был назван нами декстран-1,6-глюкозидазой^(1,2). Декстран-глюкозидаза отличается от всех ранее известных энзимов, расщепляющих 1,6-связи в гликогене и продуктах его распада, и имеет, по-видимому, самостоятельное значение. Широкое распространение этого энзима в животных тканях указывало на возможность существования в животном организме полисахаридов типа декстрана.

Таблица 1

Сбраживаемость кислотного гидролизата
„водного“ полисахарида

(редукция в миллиграммах глюкозы
на 1 мл)

	Время инкубации		
	0 ч.	5 ч.	24 час.
Контроль (дрожжи)	0	0	0
Гидролизат полисахарида	5,1	2,2	0

Примечание. Около 20 мг полисахарида + 1 мл 5%-й H_2SO_4 ; гидролиз при 100° 2,5 ч. Нейтрализация насыщенным $Ba(OH)_2$. Объем центрифугата доводится до 3 мл. Контроль: 3 мл воды + 1 мл фосф. буф. (рН 5,5) + 100 мг дрожжей. Опыт: 3 мл. гидролизата + 1 мл фосф. буф. (рН 5,5) + 100 мг дрожжей.

кратным переосаждением спиртом и затем высушивались в вакуум-экстракторе над хлористым кальцием. Полученные вещества («водный» и «щелочной» препараты) хорошо растворялись в воде, не содержали азота. Водный раствор их давал интенсивное окрашивание с антроновым реактивом, но не давал иодной реакции.

Полный кислотный гидролиз 5%-й соляной или серной кислотой приводил к расщеплению полисахарида на 96—100% с образованием глюкозы. Глюкоза идентифицировалась хроматографически и по сбраживаемости

Нами были получены препараты полисахаридов, отличающиеся по своим свойствам от гликогена.

Препараты получались из печени «водным» и «щелочным» методами. В первом случае печень размельчалась и подвергалась получасовому кипячению сравним по весу количеством воды. Полученный после центрифугирования экстракт оставлялся с раствором слюны на 1—2 суток в термостате, после чего белки осаждались трихлоруксусной кислотой и удалялись, а раствор подвергался длительному диализу для удаления продуктов расщепления гликогена амилазой.

Во втором случае печень подвергалась гидролизу с помощью 40%-го КОН. Гидролизат нейтрализовался, подвергался диализу, после чего из него описанным выше способом удалялся гликоген и продукты его распада. К диализатам прибавлялся спирт. Полученные осадки очищались много-

ожжами (*Schizosaccharomyces Pombe* Lindner*. Сбраживаемость гидролизата мы определяли по убыли редукции и хроматографическим методом. Как видно из данных табл. 1 и из рис. 1, через 24 часа наблюдалось полное сбраживание глюкозы.

При неполном кислотном гидролизе полисахаридов в 0,5 *N* HCl на хроматограммах наблюдалось преобладание изомальтозы над мальтозой. В аналогичных опытах с препаратами гликогенов наблюдалась обратная картина. Это свидетельствовало о том, что количество 1,6-глюкозидных связей в полученных нами полисахаридах значительно больше, чем в препаратах гликогенов.

Полученные препараты подвергались действию декстранглюкозидазы. Как показывают данные, приведенные в табл. 2, «щелочной» и «водный» препараты расщеплялись декстранглюкозидазой в значительно большей степени, чем это имело место для препарата «клинического» декстрана — Макродекса.

Полученные препараты отличались способностью в незначительной степени расщепляться слюнной α -амилазой. Однако расщепляемость их α -амилазой была во много раз меньше расщепляемости гликогенов в тех же условиях опыта (рис. 2).

Таким образом, в печени кроликов в виде примеси к гликогенам (приблизительно около 4—5%) обнаруживается полиглюкозид, отличающийся от гликогена значительно более высоким содержанием 1,6-глюкозидных связей и, по-видимому, иным строением.

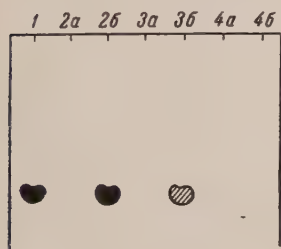


Рис. 1

Рис. 1. Сбраживание дрожжами гидролизата «водного» полисахарида. 1 — стандарт глюкозы; 2a, 3a, 4a — дрожжи (контроль) соответственно до инкубации, через 5 и 48 час.; 2b, 3b, 4b — дрожжи + гидролизат соответственно до инкубации, через 5 и 48 час.

Рис. 2. Расщепляемость слюнной α -амилазой гликогена (1) и «водного» полисахарида (2)

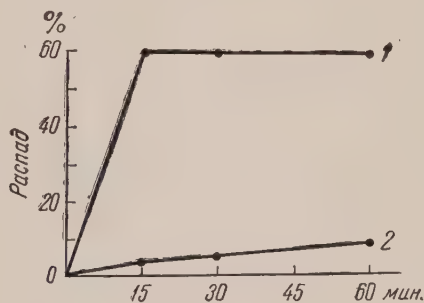


Рис. 2

Можно было бы предположить, что исследованные нами полисахариды являются α -декстринами, образовавшимися при действии амилазы на гликоген печени. Известно, однако, что исчерпывающий амилолиз ветвистых

* Ответственный штамм дрожжей был получен из института микробиологии АН СССР.

Таблица 2

Расщепляемость различных полисахаридов препаратом декстранглюкозидазы бычьей селезенки

Препарат	Навеска в мг*	Расщепляемость	
		в мг глюкозы	в %
Макродекс	6,88	2,06	30
«Щелочной» полисахарид	7,41	6,90	93
«Водный» полисахарид	7,28	5,66	78

Примечание. Инкубационная смесь: около 18 мг полисахарида + 1,0 мл 0,2 *N* ацетатн. буф. (рН 4,8) + 1,5 мл препарата энзима. Инкубация 48 ч.

* По данным кислотного гидролиза.

полисахаридов приводит к образованию полисахаридов, коэффициент полимеризации которых не превышает 8—9 (^{3,4}). Подобные олигосахариды в наших опытах удаляются диализом. Для более крупных α -декстринов не характерно было бы столь значительное преобладание 1,6-связей, а процентное содержание их в препаратах могло бы быть крайне незначительным.

Вопрос о природе выделенных нами полисахаридов может быть окончательно решен лишь после выяснения их структуры, что и является предметом наших дальнейших исследований.

Лаборатория физиологической химии
Академии наук СССР

Поступило
19 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. Л. Розенфельд, А. И. Шубина, А. А. Кузнецов, ДАН, 10, 115 (1955). ² Е. Л. Розенфельд, И. С. Лукомская, Биохимия, 21, 3 (1956). ³ M. Swanson, J. Biol. Chem., 172, 805 (1948). ⁴ K. Murbach, E. Willstaedt, Arkiv Kemi., 7, 403 (1954).

Б. И. ХАЙКИНА

СОДЕРЖАНИЕ И ОБМЕНИВАЕМОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ ГЛИКОГЕНА В ТКАНИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

(Представлено академиком А. В. Палладиным 11 VII 1956)

Вопрос о содержании и роли отдельных фракций гликогена в тканях животного организма изучен еще недостаточно. Возможность образования комплексных соединений гликогена с различными белками, липоидами и сахарами была показана Гржилецким и сотр. (1-3). Е. Розенфельд (4,5) изучала соединения гликогена с белком.

Работы отечественных (6-9) и зарубежных исследователей (10-12) показали, что интенсивность гликогенолиза в мышечной и печеночной тканях зависит не столько от общего содержания гликогена, сколько от содержания легко-трудноизвлекаемого гликогена, или, как эти фракции часто называют, свободного и связанного гликогена.

Предыдущими нашими исследованиями (13-15) были установлены изменения в содержании этих фракций гликогена в ткани головного мозга при различных функциональных состояниях.

Таким образом, в настоящее время можно считать доказанным существование в тканях как свободного гликогена, так и гликогена, связанного с различными веществами. Однако роль каждой из этих форм гликогена в обмене веществ еще не выяснена: соответствующие литературные данные очень противоречивы, что, по-видимому, связано с применением недостаточно совершенных способов выделения гликогена из тканей (горячая вода, кислота).

Это побудило нас заняться исследованием химической природы и содержания отдельных фракций гликогена в ткани головного мозга, а также их роли в обмене веществ. Мы начали свою работу с исследования как содержания в головном мозгу общего гликогена, так и содержания свободного гликогена и гликогена, связанного с липоидами и белками.

Подопытными животными служили морские свинки. Головной мозг декапитированного животного быстро извлекался из черепной коробки, замораживался в жидком воздухе и измельчался. При определении общего содержания гликогена и содержания гликогена, связанного с белками, мы применяли гидролиз щелочью (30%-м KOH). Затем гликоген осаждался спиртом. Полученные осадки тщательно промывались 60%-м и 75%-м спиртом, а затем два раза горячей смесью хлороформа и метанола и, наконец, эфиром. Всушенный осадок растворяли в воде.

Конечное определение гликогена проводилось по цветной реакции его с антроном. При сравнении результатов определения гликогена двумя методами (с антроном по Моррису (16) и с феррицианидом по Хагедорн — Йенсену) мы не обнаружили заметных различий.

Гликоген, связанный с липоидами, определяли следующим образом: замороженная ткань головного мозга экстрагировалась спиртом на водяной бане (100°) в течение 10 мин. Осадок отделялся центрифугированием и последовательно экстрагировался два раза смесью спирта и эфира (3 : 1) и затем, при нагревании с обратным холодильником, 2 раза в течение 60 мин. смесью метанола и хлороформа (1 : 1) и эфиром.

Все органические растворители собирались и подвергались отгонке. Полученный осадок гидролизовали в 10%-м КОН. После 3-часового гидролиза на водяной бане (100°) охлажденные гидролизаты переносились в делительную воронку и липоиды извлекались несколько раз 10-кратным объемом серного эфира. Гликоген, находящийся в водной вытяжке, выделялся добавлением спирта.

Количество гликогена, связанного с липоидами, в среднем равно 16 мг% (средняя величина из 7 опытов), что составляет 23% от общего содержания гликогена, равного 70 мг% (рис. 1).

Определение фракции свободного гликогена мы производили путем экстрагирования водой осадка, остающегося после извлечения из ткани головного мозга липоидов органическими растворителями. Вместе с липоидами при вышеуказанном способе извлечения органическими растворителями удаляется глюкоза и фосфорные эфиры гексоз. Как правило, последние в контрольных опытах не обнаруживались.

Гликоген в свободном состоянии в ткани мозга обнаруживается в небольшом количестве — 13 мг% (см. рис. 1). Содержание его примерно составляет 18% от общего количества гликогена. Те же небольшие количества свободного гликогена мы обнаруживали при определении его в ткани головного мозга другими методами, о чем будет сообщено отдельно.

Основная масса гликогена в мозгу связана с белками. На его долю приходится 40 мг% или около 60% всего гликогена.

Гликоген, связанный с белками, определялся в остатке после экстрагирования ткани мозга органическими растворителями и водой.

В свете этих наших данных о значительном содержании в мозгу гликогена, связанного с белками, становятся понятными результаты гистохимических исследований Сато (17); он обнаружил в ткани мозга, наряду с истинным гликогеном, дающим окраску с иодом

еще гликоген, который не давал реакции с иодом и который он назвал псевдогликогеном. Надо полагать, что псевдогликоген Сато является комплексным соединением гликогена с белком.

Выяснение вопроса о том, с какими белками связан гликоген в ткани головного мозга, является нашей дальнейшей задачей.

С целью выяснения физиологической роли вышеуказанных отдельных фракций гликогена, мы предприняли изучение интенсивности обменности этих фракций, используя радиоактивный углерод. На высокую интенсивность обменности гликогена в ткани головного мозга указывала М. Прохорова (18).

С этой целью мы исследовали скорость включения меченого углерода в отдельные фракции гликогена головного мозга после введения животным радиоактивной глюкозы.

Радиоактивная глюкоза, которую мы получали фотосинтезом, вводилась под кожу из расчета 2 мкг на 100 г веса животного. Экспозиция была 90 мин.

Активность углерода гликогена определялась после соответствующей очистки гликогена в осадке на металлических мишенях с помощью торцевого счетчика. Скорость включения выражали в виде удельной активности (число импульсов в 1 мин. на 1 мг гликогена).

Как выяснилось, наибольшую удельную активность обнаруживает свободный гликоген. Обменность его значительно выше, чем гликогена, связанного с липоидами, и во много раз больше, чем гликогена, связанного с белками. Так, в среднем, скорость внедрения радиоактивного углерода

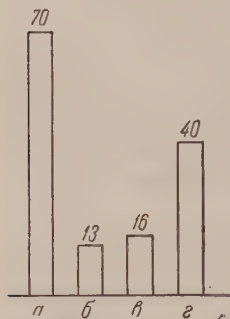
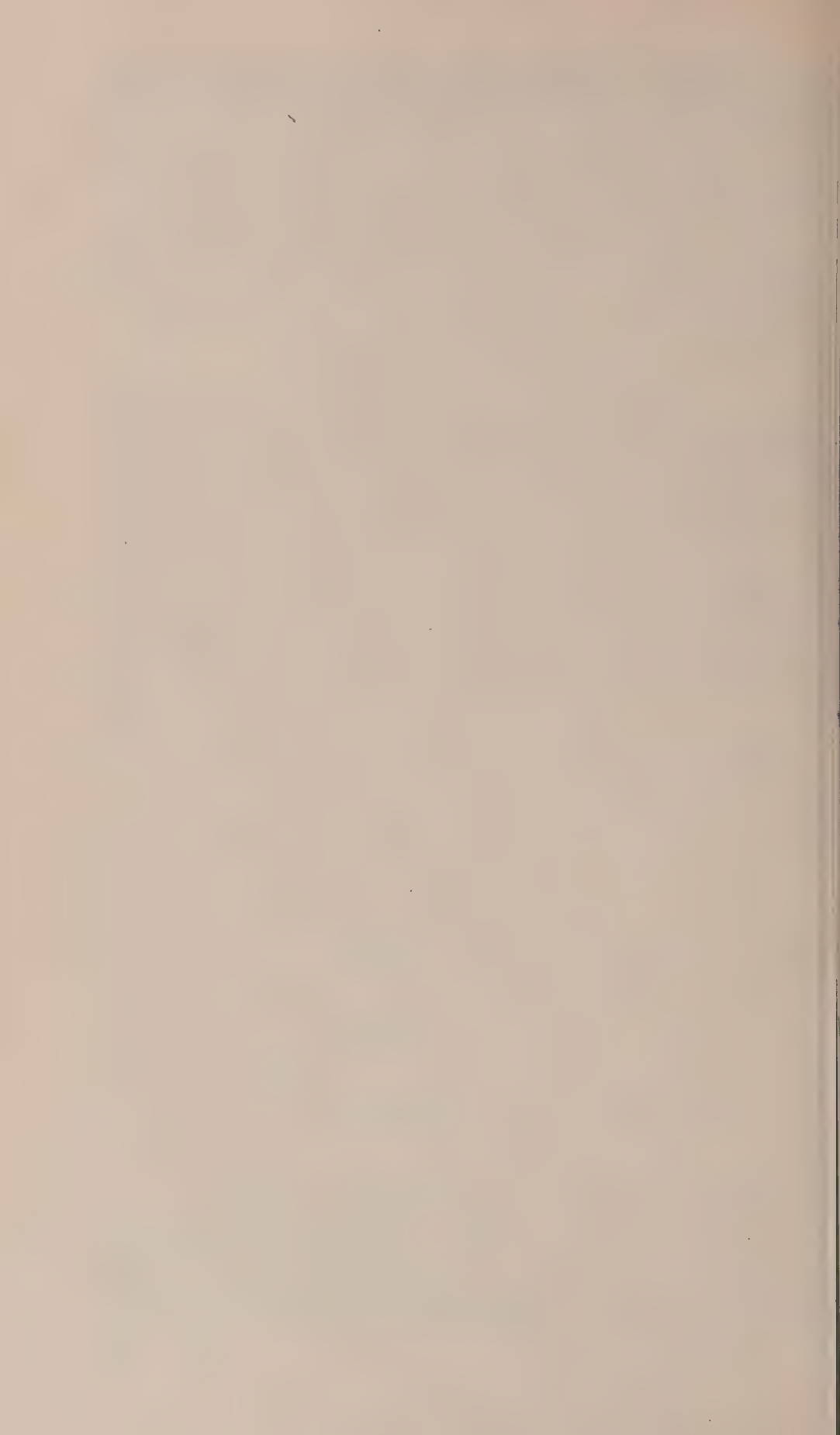


Рис. 1. Содержание фракций гликогена в ткани головного мозга морской свинки (в мг %): а — общий гликоген, б — свободный гликоген, в — связанный с липоидами, г — связанный с белками



Т. В. АСТАХОВА

К ВОПРОСУ О СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ ПОЛОЖЕНИИ СЛОЕВ С DORICRANITES

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 25 VI 1956)

Род *Doricranites* до сих пор известен только из трех пунктов — из нижнетриасовых отложений горы Богдо в Прикаспии, хребта Каратау на полуострове Мангышлак и Туаркыра в Туркмении. В разрезах горы Богдо и Туаркыра *Doricranites* встречается примерно на равном удалении (200—300 м) от видимого основания разреза нижнего триаса, на Мангышлаке же он приурочен к самым низам его.

Вопрос о возрастном положении слоев *Doricranites* занимал многих исследователей, начиная с конца 19 в. Впервые палеонтологическое обоснование возраста дорикранитовых слоев горы Богдо было дано Е. Мойсисовичем⁽⁵⁾, который на основании находок *Tirolites cassianus* Qu. среди богдоанских *Balatonites* (впоследствии выделенных Хайятом (Hyatt) в новый род, названный им *Doricranites*) отнес соответствующие отложения к кампильским слоям, т. е. к верхам скифского яруса. Стратиграфическое заключение Е. Мойсисовича о возрасте балатонитовых, читай дорикранитовых, слоев долгое время не вызывало сомнений или возражений.

В 1931 г. И. А. Ефремов⁽²⁾ впервые выступил против этой точки зрения Е. Мойсисовича и предложил значительно понизить возраст дорикранитовых слоев, основываясь на находках на горе Богдо совместно с *Doricranites* черепа *Capitosaurus*.

Спустя несколько лет, в 1936 г., в результате изучения нижнетриасового разреза хр. Каратаучик на Мангышлаке с обильной фауной цератитов, М. В. Баярунас⁽¹⁾ высказал ту же точку зрения на возраст дорикранитовых слоев, что и И. А. Ефремов, базируясь, во-первых, на очень примитивном характере лопастной линии *Doricranites* и, во-вторых, на самом низком положении слоев с ним в разрезе мангышлакского триаса, в частности на положении их ниже слоев с *Xenodiscus* и *Ophiceras*. На основании этих данных М. В. Баярунас приравнял дорикранитовые слои к отоцерасовым слоям индийского профилia и единственным местом их в стратиграфической колонке считал самые низы нижнего триаса, т. е. низы сейских слоев скифского яруса.

В 1939 г. А. Н. Мазарович⁽⁴⁾ высказал противоположную М. В. Баярунасу точку зрения о возрасте дорикранитовых слоев и вернулся к положениям Е. Мойсисовича. Анализируя многочисленные факты, противоречащие отнесению дорикранитовых слоев горы Богдо к самому началу триаса, А. Н. Мазарович приходит к выводу о более молодом их возрасте, нежели низы нижнего триаса и относит их к средним зонам его, т. е. к верхам сейских или низам кампильских слоев, сопоставляя их с микочерасовой или псевдосагечерасовой зонами Индии. Синхронизировать дорикранитовые слои Мангышлака и горы Богдо, по мнению А. Н. Мазаровича, не следует на основании их различного фаунистического содержания (полное отсутствие, как тогда было известно, представителей рода *Tirolites* и пелеципод в слоях с *Doricranites* на Мангышлаке). Таким образом, род *Doricranites*, по А. Н. Мазаровичу, не является зональным, а появившись в начале нижнего триаса (как на Мангышлаке), он продолжает существовать и в средних зонах его (как на Богдо), т. е. его вертикальное распространение колеблется в больших пределах, охватывая всю первую половину нижнего триаса.

В последнее время такого же взгляда на возраст дорикранитовых слоев

придерживаются Л. Д. Кипарисова и В. С. Курбатов ⁽³⁾ на основании изучения нижнетриасового разреза Туаркыра и его фауны из дорикранитовых слоев.

Как мы видим, относительно возраста дорикранитовых слоев существуют две точки зрения: согласно одной считается, что дорикранитовые слои являются самыми низами нижнего триаса, т. е. основанием сейсских слоев и сопоставляются с отоцерасовыми слоями Индии; согласно другой дорикранитовые слои относятся к средним зонам нижнего триаса, т. е. к верхам сейсских или низам кампильских слоев и синхронизируются с зоной *Meekoceras* или *Pseudosagoceras* Индии.

Наши данные о геологии хр. Каратау на Мангышлаке дают основание для уточнения стратиграфического положения дорикранитовых слоев. На Мангышлаке род *Doricranites* встречается в основании цератитовой свиты нижнего триаса, которая трансгрессивно ложится на вишнево-красную сланцевую толщу с отдельными пластами крупнозернистого песчаника и красного гравийного конгломерата, завершающую долнапинскую свиту условно относимую к верхней перми.

Как правило, дорикраниты встречаются в толще мощностью в среднем 55—70 м, причем всегда они начинаются с самых нижних горизонтов, примерно с 10 м от основания разреза. Дорикранитовая пачка, прекрасно выдерживаясь по простираанию вдоль контакта с отложениями перми, придает этому горизонту значение маркирующего.

Подстилаются слои с *Doricranites* конгломератово-известняково-сланцевой пачкой мощностью в среднем 6—10 м, являющейся базальной. Она сложена темно-зелеными песчанистыми сланцами с несколькими известняковыми прослойками, не содержащими фауны, и двумя-тремя линзовидными прослоями мелкогалечного, типа гравия, конгломерата из хорошо окатанной гальки преимущественно красноцветных пород подлежащей долнапинской свиты и в меньшем количестве из пород включающих ее, имея при этом зеленый цемент. Кроющими горизонтами дорикранитовых слоев являются слои с *Meekoceras* и *Pseudosagoceras*, имеющие важное значение для построения схем параллелизации разрезов нижнетриасовых отложений, поскольку эти чисто пелагические формы, приуроченные лишь к одной возрастной зоне, имеют мировое горизонтальное распространение.

Горизонт с *Doricranites* на Мангышлаке не является, как считали ранее, чисто дорикранитовым. В нем, помимо различных видов *Doricranites*, найдены представители рода *Tirolites*, среди которых типичный *Tirolites cas-sianus* Qu., новые виды рода *Oleneskites*, а также обильная фауна пелеципод, представленная здесь 13 видами: *Anodontophora fassaensis* Wissm., *Andontophora canalensis* Cat., *Pseudomonotis inaequicostata* Ben., *Pseudomonotis decidens* Bitt., *Pseudomonotis tridentina* Bitt., *Pseudomonotis multiformis* Bitt., *Pecten alberti* Goldf., *Pecten minimus* Kipar., *Myophoria curvirostris* Schl., *Gervillia exporrecta* Leps., *Posidonia wengensis* Coss., *Avicula ussurica* Kipar., *Gervillia mytiloides* Schloth. Фаунистическое содержание дорикранитовых слоев на Мангышлаке не позволяет считать их аналогом слоев *Otoceras* — *Ophiceras* индийского профиля. В пользу подобного разрешения этого вопроса свидетельствует и тот факт, что представители вышеперечисленных родов, т. е. *Otoceras* и *Ophiceras*, а также *Xenodiscus* на Мангышлаке полностью отсутствуют. Проверить фаунистические данные М. В. Баярунаса относительно наличия этих форм на Мангышлаке не представляется возможным, так как ни изображения, ни описания собранной им фауны в своих работах он не дает.

Одним из критериев, согласно которому М. В. Баярунас был склонен отнести *Doricranites* к стратиграфически самым низким представителям нижнетриасовой фауны, он, как уже сказано, считал простое строение его лопастной линии. Однако, по современным представлениям, лопастная линия в отрыве от остальных характерных черт раковины не может служить основой для подобных суждений, так же как и для выделения нового вида. Ее

следует рассматривать лишь в комплексе со всеми другими внешними признаками раковины: общей формой, поперечным сечением оборотов, скульптурой и т. д. На наш взгляд, лопастная линия *Doricranites* не является совершенно примитивной лопастной линией гониатитового типа, поскольку на ее лопастях очень часто можно наблюдать хорошо заметную зубчатость, что является одним из основных признаков отнесения рода *Doricranites* к цератитам. Лопастная линия *Doricranites* очень близка по строению к лопастным линиям некоторых родов цератитов, которые характеризуют верхние и средние части нижнетриасового разреза.

Возраст дорикранитовых слоев на Мангышлаке определяется средними зонами нижнего триаса, поскольку в их 70-метровой толще были найдены *Tirolites*, обычно характеризующие в Европе верхнюю часть нижнего триаса или среднюю часть его, как в Тиморе, Албании и на горе Богдо, и новые виды рода *Oleneskites*, также указывающие на верхние зоны нижнего триаса. Это подтверждается и фауной перечисленных выше двусторчатых из дорикранитовых слоев Мангышлака, которая также свойственна отнюдь не низким горизонтам нижнего триаса, а скорее всего указывает на средние горизонты его.

Слои с *Doricranites* Мангышлака по своему фаунистическому составу очень близки к богдинской свите горы Богдо, где среди фауны *Doricranites* были встречены *Tirolites* и аналогичная мангышлакской фауна пелеципод. Сходная фауна цератитов и пелеципод связывает также дорикранитовые слои Мангышлака и Туаркыра. Поскольку возраст дорикранитовых слоев Богдо и Туаркыра установлен более или менее определенно как верхне-сейсский, то, производя палеонтологическое сопоставление нижнетриасовых разрезов Богдо, Туаркыра и Мангышлака, мы приходим опять-таки к заключению о более молодом возрасте дорикранитовых слоев Мангышлака, нежели самое основание триаса.

Таким образом, никак нельзя признать дорикранитовые слои Мангышлака самыми нижними горизонтами сейсских слоев и сопоставлять их с отоце-расовой зоной Индии. Наоборот, на основании комплекса вышеизложенных данных можно настаивать на синхронизации их со слоями *Meekoseras* индийского профиля, т. е. с верхней частью сейсских слоев скифского яруса. Следовательно, род *Doricranites* ограничивается в своем вертикальном распространении лишь одним стратиграфическим горизонтом, которым на Богдо, Мангышлаке и Туаркыре является дорикранитовый горизонт, относимый к середине нижнего триаса, т. е. к верхней части сейсских слоев его.

Принимая во внимание, что дорикранитовые слои на Мангышлаке характеризуют средние зоны нижнего триаса и считая, что подстилающая их красноцветная долнапинская свита является верхнепермской, мы приходим к заключению о существовании в данном районе на границе триаса и перми перерыва осадконакопления, который охватил самое начало нижнего триаса вплоть до его середины, когда пришедшая сюда трансгрессия обусловила образование известняков с фауной цератитов и в первую очередь дорикранитов. О наличии здесь перерыва между триасом и пермью свидетельствуют также, по нашему мнению, конгломераты долнапинской свиты (Р) и базальная пачка цератитовой (Т). Скорее всего, имевший место на Мангышлаке перерыв осадконакопления связан с пфальцкой орогенической фазой герцинской складчатости, интенсивно проявленной на Урале, Русской платформе и Кавказе.

Поступило
21 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. В. Баярунас, Изв. Акад. наук СССР, сер. геол., № 4, 539 (1936).
И. А. Ефремов, Тр. Палеозол. инст. Акад. наук., I, 57 (1932). ³ Л. Д. Кия-
рисова, В. С. Курбатов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 6 (1952).
А. Н. Мазарович, Уч. зап. МГУ, в. 26 (1939). ⁵ E. Mojsisovics, Die
Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz, Abh. d. K.-K. Geol. Reichsanst., Wien,
0, 1882.

А. Б. ВИСТЕЛИУС

**СХЕМА РАЙОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ВОСТОЧНОГО КAVКАЗА И СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ
ПО ИХ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМУ СОСТАВУ**

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 23 VI 1956)

1. Целью настоящей статьи является составление схемы районирования по минералогическому составу современных, в основном аллювиальных отложений на территории от верховьев р. Куры до низовья р. Урала.

Материал для статьи собран в период с 1948 по 1954 г. в маршрутах совершенных параллельно с другими геологическими работами.

2. Изучались пробы песков и алевритов, взятые из современных отложений. Пробы брались в речных долинах, преимущественно в верхней части отелей и кос. В случае отсутствия таковых отбор производился на берегу, у уреза воды. Пробы промывались последовательно три раза, последнее серый шлик разделялся в бромформе и изучался обычными шликоскопическими методами.

При составлении схемы районирования границы между провинциями проводились путем интерполяции между точками опробования; специфика гидрографической сети и геологического строения не учитывалась. Таким образом, излагаемые результаты носят схематический характер.

3. Двигаясь с севера на юг, можно выделить следующие провинции в составе современных отложений.

1. Северная ильменитовая провинция — шлик богат ильменитом, много граната и эпидота, систематически в небольшом количестве присутствуют дистен и ставролит. Основная масса песка сложена кварцем. Занимает территорию от р. Урала до устья р. Кумы, образуя два языка, выступающие на юг. Один язык вдается в Маньчскую депрессию, второй — проходя восточнее западного берега моря, уходит на юго-восток в сторону о-ва Тюленьего, огибая о-в Чечень с севера и востока. В пределах провинции выделяется хромитовая подпровинция, характеризующаяся постоянным присутствием в ней хромита (не менее 1,5—2% от массы шлика). Хромитовая подпровинция занимает северную часть дельты Волги, ее русло до Каменного Яра побережье моря до меридиана Ново-Богатинска. Восточнее граница подпровинции поворачивает к Новобогатинску и проходит от него на р. Урал южнее Яманхалинки. С юга, запада и востока подпровинция окружена обычными осадками ильменитовой провинции. Материал ильменитовой провинции поступал из Приуралья, с Мугоджар, где развиты дистенсодержащие, существенно кварцевые породы, и отчасти с Русской платформы. Хромитовая подпровинция образована за счет загрязнения материала ильменитовой провинции хромитом из молодых отложений, куда он попал за счет размыва мелколежащих в сводах соляных куполов отложений перми и триаса (1).

II. Западная ортопироксеновая — намечается по единичным пробам в среднем течении р. Кумы, богатым ромбическими пироксенами. Образована размывом основных эффузивов Приэльбрусского района. На востоке и юго-востоке, возможно, сливается со следующей провинцией.

III. Северная ортопироксеновая — обилие ромбических пироксенов, высокое содержание магнетита, присутствуют гранат и иногда эпидот; в Арагви и верховьям Терека голубой корунд в неэлектромагнитной фракции, содержащейся в небольшом количестве. Основная масса — обломки глинистых сланцев, филлитов, эффузивов. Протягивается от устья Арагви к Ксани до верховий Б. Лиахви, верховья Терека, Сунжа, Терек, ниже Червленной и его дельта до Черного Рынка и района восточнее Ст. Бирюзьяка. Продукты размыва основных эффузивов Кельского плато и Казбека.

IV. Северная клинопироксеновая — количество моноклиновых пироксенов превышает, а в типичном образце подавляет содержание ромбических. В характерном образце много граната, легкая фракция светлая, богата кварцем. Устье Малки и отдельные пробы Теречного аллювия между Малкой и Червленной. Весь аллювий Терека на этом участке оставляет впечатление наложенных осадков ортопироксеновой провинции на более древние сложения северной клинопироксеновой, характерной для низовьев Малки. Возможно, провинция образована за счет размыва эффузивных толщ в районе Нальчика, согласно В. П. Ренгартену, сложенных кислыми породами.

V. Южная ильменитовая — острова светлых богатых кварцем песков со шлихом, обогащенным ильменитом, рутилом, гранатом, всегда содержащих ставролит и иногда дистен. Долины рр. Аксая и Акташа с районами их разлива, узкая полоса к северу от разлива вплоть до Ст. Терека у ст. Персидский, долина р. Шура-Озень. Продукты переотложения чокракских и караганских осадков, слагающих предгорья северо-восточного Кавказа.

VI. Пирит-лимонитовая — с устойчивым минералом. Главную массу шлиха слагают пирит и ильменит. Количество пирита выше в верховьях рек, количество лимонита — близ их устья. Основная масса осадка — обломки глинистых сланцев. Бассейны Самура, Сулака, Аргуна, Пшавская Арагва, верховья Иоры и Алазани. На северо-востоке слагает Аграханскую косу и остров Чечень, где ныне перерабатывается в северную ортопироксеновую провинцию. В бассейне Сулака — практически лишена ромбических пироксенов, которые отсутствуют и на юге Аграханской косы; аллювий Самура содержит небольшое количество их. В основном продукт переотложения сланцевой юры в осевой части Главного Хребта.

VII. Северная магнетитовая — количество магнетита резко превышает количество пироксенов. Иногда встречается большое количество ильменита и эпидота. Легкая фракция сложена в основном обломками пород. Характеризована малым числом точек и поэтому выделяется условно. Занимает нижнюю часть южного склона Главного Хребта, среднее течение Алазани и Иоры и районы к северу от долины Куры в ее средней и нижней части. Образована за счет переотложения меловых и третичных отложений.

VIII. Южная клинопироксеновая — полимиктовые пески богатые в легкой фракции обломками пород, плагиоклазами, присутствует в очень малом количестве жильный кварц. В шлихе моноклиновые пироксены, как правило, много магнетита, иногда магнетита больше, чем пироксенов, но всегда их содержания либо соизмеримы, либо больше пироксенов. В небольшом количестве присутствует эпидот, оливин в верховьях Куры содержится в целых процентах, следы его сохраняются до Пиразы. Занимает долину Куры с низовьями Аракса, Иоры и Алазани, район Ахалциха, Акстафы и, видимо, правые притоки Куры до Тертера включительно; бассейн Храми.

IX. Южная магнетитовая — резкое преобладание магнетита в шлихе над остальными минералами, в частности моноклиновыми пироксенами. Основная масса полимиктового состава. Намечается в верховьях Раздана до Дзорагету и Машавере. Возможно, что, наряду с другими, представлена в значительной мере продуктами размыва мела, по наблюдениям В. П. Ренгартена, содержащего магнетитовые пески. Несомненно участие продуктов размыва эффузивов.

X. Южная ортопироксеновая — высокое содержание ромбических пи-

роксинов, много магнетита, иногда в незначительном количестве базаль-
 тические роговые обманки. В отдельных районах (Вардзия) повышенное
 содержание оливины. Основная масса — полимиктового состава. Распр

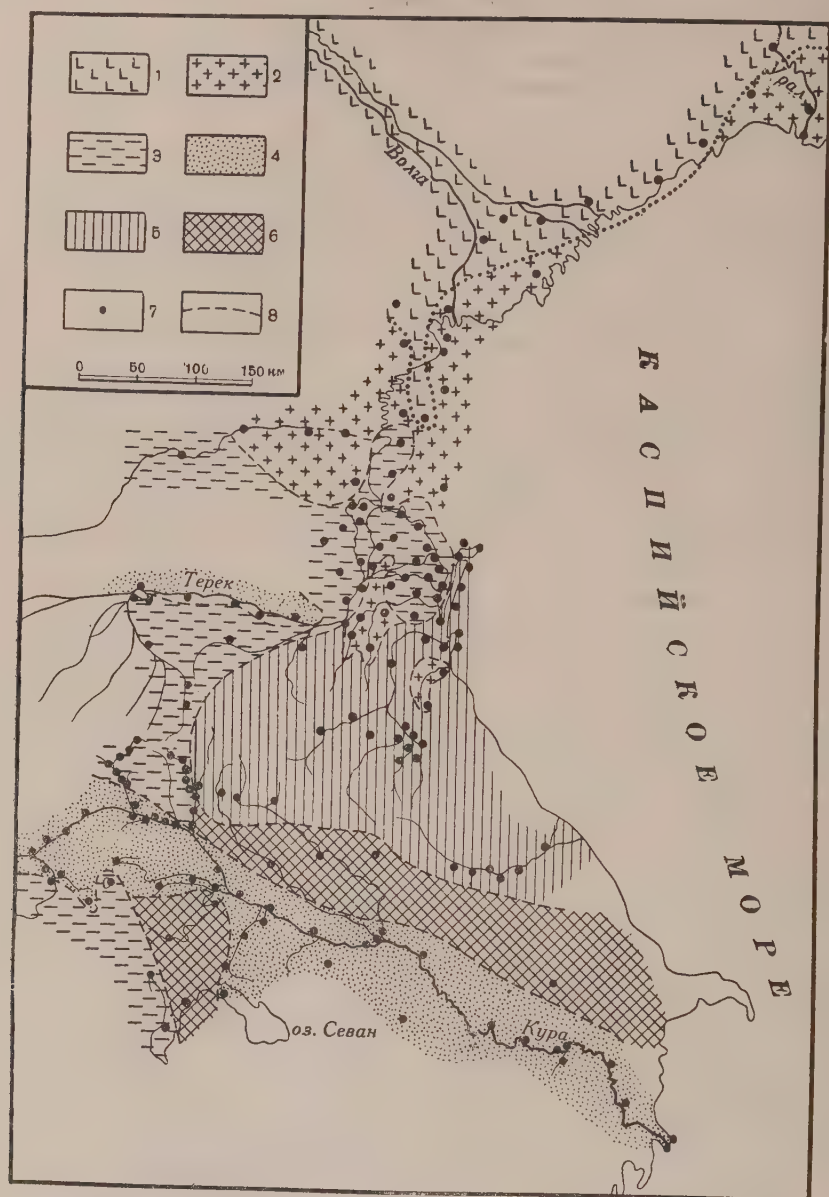


Рис. 1. 1 — существенно кварцевые пески с хромитом; 2 — то же с ильменитом, рутилом, гранатом и ставролитом и (или) диастеном; 3 — полимиктовые пески в шлихе наиболее распространены ромбические пироксены; 4 — полимиктовые пески — в шлихе наиболее распространены моноклинные пироксены; 5 — полимиктовые пески, богатые обломочным пиритом и (или) лимонитом; 6 — полимиктовые пески — в шлихе наиболее широко распространен магнетит; 7 — точка наблюдений; 8 — границы провинций

странение — Кура выше впадения Джавахетской Куры, Ахалкалакского плато, Алагёз и его окрестности.

Пространственное распределение отмеченных провинций дано на рис. 1.

Выделенные провинции резко делятся на две группы: с существенно кварцевой легкой фракцией — сюда относятся северная и южная ильме-

говы провинции и провинции, в которых основная масса песков полимик-ного состава, близкого к грауваккам. Сюда относятся все остальные вы-ленные провинции. В пределах выделенных провинций в целом намечают-типы, отмеченные в предыдущем изложении, но между провинциями имеют-постепенные переходы. Возможен также переход в пределах одной про-ции к породам другой и наоборот. Это особенно относится к Закавказью, часто трудно сказать, куда относится проба по содержанию магнетита моноклиновых пироксенов, так как соотношения между ними меняются точное оконтуривание провинций затруднительно.

4. Изложенное показывает:

а) Для восточного Кавказа в целом характерно обилие моноклиновых иногда, для молодых отложений, ромбических пироксенов, магнетита, постоянно присутствует эпидот. Районы развития сланцевый юры дают ма-риал, резко обогащенный пиритом и продуктами его окисления. Такие минералы, как ильменит, рутил, гранат, дистен, ставролит имеют в преде-х Закавказья ничтожное распространение.

б) Размыв чокракских и караганских слоев реками, русла которых почти целиком выработаны в чокракских и караганских слоях, приводит к обра-ванию шлейфа из переотложенного среднемиоценового материала на зна-ительной площади. Состав продуктов перемыва среднего миоцена весьма близок к составу его коренных пород.

в) В ряде случаев распространение типичных минеральных ассоциа-ий указывает на значительное изменение гидрографической сети в послед-ее время, что, вероятно, связывается с современными движениями. числу измененных русел относятся:

1) Терек от устья Малки до Червленной перерабатывает более древнее сло, вероятно, принадлежавшее ранее Малке. Сам Терек ниже г. Орджо-кидзе, вероятно, соединялся с Сунжей, как это предполагалось А. Л. Рингартом, на что любезно обратил внимание автора В. П. Ренгартен.

2) Нижнее течение Терека, а также Аксая и Сулака носило меридио-льный характер с впадением Терека в море у Черного Рынка или север-е, Аксая и Акташа у Кизляра (немного восточнее его) и Сулака в вершине Аграханского залива. Современные широтные части низовьев указанных к, в частности Новый Терек и низовья Сулака, чрезвычайно молодые образования.

3) Аграханская коса и, может быть, остров Чечень представляют быв-ую дельту Сулака, сложенную материалом, вынесенным им из пирит-монитовой провинции. Практическое отсутствие в шлихе из песков в новании Аграханской косы ромбических пироксенов указывает на их Су-ское происхождение и делает мало вероятным образование за счет ак-муляции выносов Самура. В настоящее время север Аграханской косы особенно запад Чеченя претерпевают трансформацию минерального става с переработкой его в осадки северной ортопироксеновой провин-ии.

г) От района Оленичево до Астрахани, Каменного Яра и восточнее до рала у Яманхалинки располагается область неглубокого залегания оми и триаса. Последние размывались в период образования третичных древнечетвертичных отложений, из которых продукты их размыва попа-ют в современные отложения.

д) Окисление пирита в процессе его переноса течением рек может пере-дить часть железа в подвижную форму.

Лаборатория аэрометодов
Академии наук СССР

Поступило
20 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 А. Б. Вистелиус, Сборн. статей, Лаб. аэрометодов, посвящен. Н. Г. Келлю, 1944, стр. 20.

Б. А. КОРЖЕНЕВСКИЙ

О НЕКОТОРЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЧЕРТАХ ХРЕБТА КАРАТАУ НА МАНГЫШЛАКЕ

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 25 VI 1956)

Со времени работ Н. И. Андрусова и М. В. Баярунаса стало известно, что хребет Каратау на Мангышлаке сложен пермотриассовыми осадочными накоплениями. Это в главной массе песчано-глинистые породы с редко порочиненным количеством известняков, нередко ракушняков. Вся толща в несколько первых тысяч метров внутри себя имеет два перерыва. Она дислоцирована в систему антиклинальных и синклинальных складок, местами с очень крутыми углами падения. Породы испытали некоторый метаморфизм, заметно падающий в восходящем разрезе.

Еще Н. И. Андрусов отметил, что на этих дислоцированных породах был разработан пенепленовый рельеф. Данное положение указанный автор оставил без развития. Наши двухлетние (1954 и 1955 гг.) исследования в хр. Каратау дали возможность собрать материал, проливающий дальнейший свет на строение и особенности этого хребта.

Рельеф Каратау разработан на палеозойских и триасовых породах широко вскрыт на площади около 800 км². Несомненно, что он испытал некоторую переработку, сохранив, однако, все свои первичные особенности.

Главнейшей чертой каратауского рельефа является этажность древних поверхностей выравнивания или пенепленов и сочетание палеотипных и кайнотипных форм. Термин «палеотипный рельеф» мы встречаем в работах С. С. Кузнецова^(4,5) и К. К. Маркова⁽⁶⁾, которые характеризуют его как реликтовый, унаследованный. Типичными формами этого рельефа являются: волнистые равнины, превосходно разработанные русла древних водотоков, останцовый природы холмы. Все это на значительной высоте над современным базисом эрозии.

Древние поверхности выравнивания хр. Каратау расположены несколькими этажами или ступенями. Как известно, хребет Каратау теперь состоит из трех морфологически самостоятельных массивов: Каратаучика, Западного и Восточного Каратау. На Каратаучике хорошо развиты две ступени поверхностей выравнивания, которые являются гипсометрически самыми низкими на всем Каратау. Их высотные отметки колеблются следующим образом: первый этаж — 100—140 м, второй этаж — 160—200 м.

В пределах хребта Западный Каратау, расположенного восточнее Каратаучика, первый этаж планации не встречается, зато второй этаж получает значительное развитие на южном склоне западной части хребта, где достигает высоты 200—240 м. Поверхность выравнивания третьего этажа (270—360 м) протягивается вдоль всего хребта Западный Каратау, занимая большую часть его западной половины, а местами небольшими узколокальными участками прослеживается по периферии восточной половины хребта. Средняя часть массива занята четвертой поверхностью выравнивания, лежащей на высоте 400—420 м и, наконец, пятая поверхность выравнивания, представленная незначительными по площади участками вблизи горной группы Отпан в сравнении с поверхностями выравнивания

нижних этажей. В пределах Восточного Каратау мы уже не встречаем аналогов ни первой, ни второй поверхности выравнивания и лишь весьма незначительно развита поверхность выравнивания третьего этажа, расположенная на западном окончании его, на абсолютной высоте 260—320 м. Основная площадь этого огромного массива занята четвертой поверхностью выравнивания с высотами 340—420 м и, наконец, в виде резко ограниченных по площади останцов, группирующихся в основном вблизи горной группы Бесчоку,—пятая поверхность выравнивания—460—500 м (рис. 1).

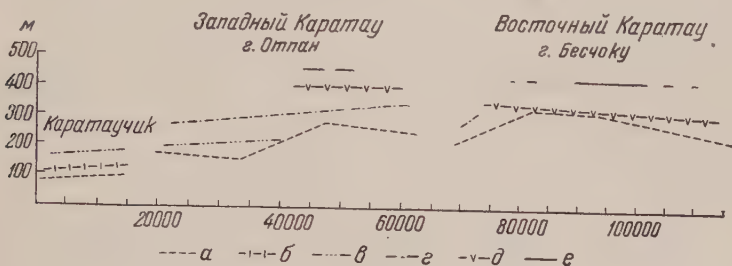


Рис. 1. Схема расположения древних поверхностей выравнивания в продольном сечении хр. Каратау на Мангышлаке: а — профиль подошвы хребта, б — поверхность выравнивания первого этажа, в — поверхность выравнивания второго этажа, г — поверхность выравнивания третьего этажа, д — поверхность выравнивания четвертого этажа, е — поверхность выравнивания пятого этажа

Древние поверхности выравнивания представляют часто идеальные равнины со следами мягко очерченных древних долин и отдельными сглаженными гривками, удержанными крепкими пластами песчаника или линзами молочно-белого кварца, а также небольшими скалистыми грядами из плотных сильно кливажированных песчаников, которые местами делаются более значительными и создают некоторые неровности рельефа.

Кроме вышеупомянутых слабо выраженных поверхностей, иногда группами, а иногда в одиночку на равной поверхности плато возвышаются весьма значительных размеров вершины, среди которых могут быть названы горные группы Отпана (533,1 м) на Западном Каратау, Бесчоку (555,3 м), гора Джалпахчи (528 м) на Восточном Каратау и ряд других возвышенностей, которые представляют внушительные эрозионные останцы, пощаженные процессами денудации, приведшими к образованию поверхностей выравнивания.

На оформление характерных палеотипных черт рельефа Каратау (отпрепарированные древние поверхности выравнивания, палеотипные долины) наложили ясные отпечатки как энергетически активные, так и энергетически пассивные факторы, в результате которых и были образованы близкие к нынешним палеотипные формы рельефа. Силами эрозии, денудации и абразии были выработаны обширные многоярусные поверхности выравнивания, которые в результате проявления новейшей тектоники были подняты на различную высоту, явившись, таким образом, результатом суммирования воздействий активных дифференцированных подвижек и встречного расчленяющего действия эрозии.

Во всех трех массивах Каратау структурность рельефа является неоспоримой, поскольку препарировка пород в соответствии с условиями их залегания и различной стойкостью по отношению к размыву достигает весьма большой выразительности, что дает ясное представление о том, что скульптурные формы имеют большее значение в дифференциации рельефа, чем активно тектонические, что, конечно, не дает права считать рельеф Каратау только или главным образом скульптурным, так же как и только тектоническим.

Об упрощении денудационных форм поверхностей выравнивания морской абразией в верхнеюрское и сарматское время ясно свидетельствуют останцы юрских и сарматских отложений на древних поверхностях выравнивания в пределах Восточного Каратау. Нет сомнений, что поверхности планиции разработаны давно и составляют палеотипную часть рельефа Каратау, что подтверждается также и тем, что наиболее высокие поверхности выравнивания приурочены к ядерным частям главных структур Каратау — Отпанской и Бесочиной антиклиналям, сложенным наиболее крепкими из всего каратауского комплекса — пермскими породами.

Возраст пенеплена в целом — до-юрско-нижнемеловой. После древне-кimmerийской фазы горообразования, когда были окончательно сформированы структуры Каратау и когда последний был выведен на древнюю поверхность, он представлял, по-видимому, остров с глубоко врезанными заливами, занимавшими нижнеюрскими бассейнами. Этот остров просуществовал до верхнеюрского времени, когда Каратау испытал локальную трансгрессию и абразию и был частично покрыт водами Юрского моря. Вторую локальную трансгрессию Каратау испытал в сарматское время. О наличии этих трансгрессий свидетельствуют останцового типа горизонтально лежащие останцы юры и сармата на Восточном Каратау. После сармата хребт Каратау вошел в состав возникшей суши, обнявшей весь нынешний Магнышлак.

Историю развития палеотипного рельефа хребта Каратау можно подразделить на четыре основных этапа:

Первый — заложение пенеплена. Временем заложения следует считать век, предшествовавший отложению пестроцветных осадков нижней юры. В своей первоначальной форме это чисто денудационное образование.

Второй — продолжение формирования пенеплена, и, как отмечалось выше, наложение на него, на отдельных участках, влияния морской абразии. Время проявления — граница доггера — мальма.

Третий — скульптурно-денудационный, который имел место от верхнеюрского до сармата.

Четвертый — денудационный, а в ряде мест денудационно-абразионный. Средний сармат.

Равнинный характер пенепленов нарушается глубоковрезанными хорошо разработанными долинами — «саями», которые (это особенно резко выражено всюду на северном склоне) переходят в нижней своей части в настоящие глубокие до 50—80 м, а иногда и больше, ущелья с круто (до 15°) падающим порожистым тальвегом. Это так называемый кайнотипный рельеф, являющийся другим элементом геоморфологии горных стран и морфологически выраженный отрицательными формами: ущельями и долинами. Врезаясь в палеотипный пенеплен, они расчленяют его. Кайнотипные формы отчетливо указывают на недавние движения земной коры. Это исключительно ярко подчеркивается одной замечательной чертой рельефа Каратау, заключающейся в том, что очень многие современные долины или саи составлены из двух частей: верховой плоскодонной и низовой — ущельем (рис. 2). Верховые части долин представляют древние плоскодонные старческие эрозионные формы, которые были сформированы на поверхности пенеплена в эпоху его низкого положения относительно базиса эрозии. Низовья — молодые образования, глубоко врезанные в породы в связи с поднятием пенеплена. Наблюдатель видит типичное явление обращенного рельефа. Эти ущелья тянутся иногда на несколько километров, многократно меняя направление и пропиливая породы то вкрест, то по простиранию. Рассекая породы вкрест простирания, ущелье часто представляет узкую щель. Заканчиваясь порожистым уступом, оно резко меняет направление и идет по простиранию пластов, становится более широким и приобретает более спокойный профиль тальвега. Таким образом, получается многоступенчатая лестница. Этот молодой, кайнотипный рельеф прокладывается к современному базису эрозии — Каспийскому морю.

Наиболее постоянных ступеней в ущельях насчитывается три: на высоте 0—250 м, 300—350 м и 380—400 м. Во всех случаях они являются результатом скачкообразных поднятий, отражающих новейшую тектонику этого района. Они хорошо просматриваются почти во всех саях, особенно северного склона хребта. Помимо крупных уступов, часто встречаются и небольшие, с относительной высотой до 2—5 м пороги, сильно усложняющие профиль тальвега саяв.

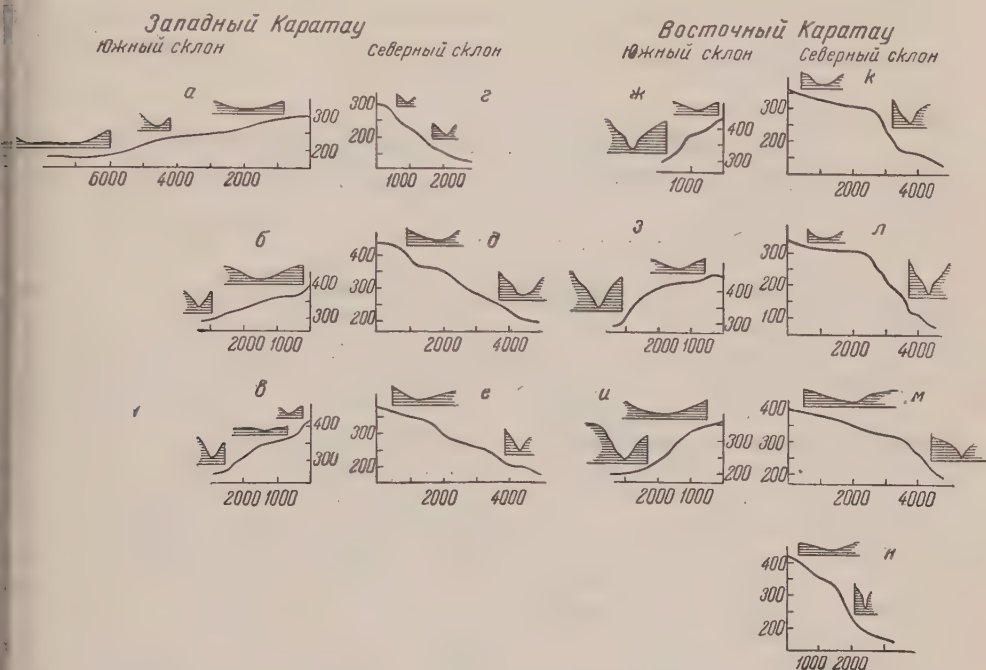


рис. 2. Схематические продольные и поперечные профили долин—саяв хр. Каратау на Мангышлаке: а — Сауле-сай, б — Битан-Тоған, в — у вершины 421,5 м, г — Карадуан-сай, д — Арпала-сай, е — Арпала-сай, ж — у вершины 442,4 м, з — Агачты, и — у вершины 460,1 м, к — Жолтимес, л — ур. Куркрук, м — Ак-тас, н — Б. Кызыл

Кайнотипный рельеф следует считать послесарматским, а уступы — синэрозионными террасами в «капках» и на склонах хребта Актау. Говорить о более точном возрасте пока можно лишь относительно. При решении этого вопроса надо принять во внимание имеющиеся лёссовые накопления, которые представляют остатки общего лёссового покрова на палеотипном рельефе. Вероятнее всего накопление лёсса отнести к ледниковому отделу четвертичного периода и именно к риссу, как времени наибольшего оледенения Русской равнины, когда лёсс мог приноситься с северо-запада, с Русской равнины спускавшимися с ледниковых полей мощными воздушными потоками.

Поступило
21 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. И. Андрусов, Тр. Ком. Моск. с.-х. инст. по исслед. фосфоритов, сер. 1, 3 (1911).
- ² Н. И. Андрусов, Тр. Арало-Касп. экспед., вып. VIII. Тр. СПб. общ. естеств., 7 (1915).
- ³ М. В. Баярунас, Изв. Имп. Акад. наук, сер. VI, 5, № 5 (1911).
- ⁴ С. С. Кузнецов, Изв. Всесоюзн. Геогр. общ., 78, в 4 (1946).
- ⁵ С. С. Кузнецов, Уч. зап. пед. инст. им. Герцена, Каф. геол. и минер., 54, (1947).
- ⁶ К. К. Марков, Вопр. географии, сборн. 3 (1947).

А. И. ОСИПОВА

О СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ ФАУНЫ КАПЛАНБЕКСКОГО КОМПЛЕКСА ПАЛЕОГЕНА СРЕДНЕЙ АЗИИ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 27 VI 1956)

Отложения морского палеогена Средней Азии подразделены О. С. Вяловым⁽⁴⁾ на два отдела и восемь ярусов: согдийский отдел (бухарский, сузакский ярусы), ферганский отдел (алайский, туркестанский, риштанский, исфаринский, ханабадский и сумсарский ярусы). Бухарский ярус О. С. Вяловым охарактеризован фауной так называемого капланбекского комплекса, в котором преобладают представители родов *Corbula* (*Sineosorbula*), *Modiola*, *Cardita* и *Cerithium*^(5,6). Характерной особенностью этого комплекса является видовое однообразие при большом количестве индивидов, а также мелкорослость форм. Приуроченность этой фауны к гипсоносным карбонатным осадкам показывает, что она обитала в соленых лагунах. Широкое распространение фауны капланбекского комплекса определило его стратиграфическое значение.

В дальнейшем в отложениях бухарского яруса был найден второй комплекс моллюсков, названный каратагским, значительно более разнообразный по составу и представленный формами крупных размеров. Среди них присутствует ряд видов, обитавших в палеоценовых морях Поволжья, Закавказья и Крыма: *Cyprina morrisi* Sow., *Nemocardium* cf. *semidecussatum* Koenig, *Turritella kamyschinensis* Netsch., *Gryphaea antiqua* (Schwetz) и др.^(13, 6, 3)

Пересматривая вопросы стратиграфии палеогена Ферганы и Таджикской депрессии, С. Н. Симаков пришел к заключению, что оба эти комплекса не являются ассоциациями одного стратиграфического горизонта, как полагали до последнего времени, а приурочены к двум различным горизонтам: капланбекский — к более низкому, каратагский — к более высокому. Опираясь на некоторые новые палеонтологические данные, С. Н. Симаков считал возможным отнести все местонахождения фауны каратагского комплекса к следующему, сузакскому, ярусу палеогена, а отложения бухарского яруса характеризовать только капланбекским комплексом фауны⁽¹⁴⁾.

Исследования последних лет показали, что песчано-глинистые отложения залегающие на гипсах Гознау Ю. Ферганы (табл. 1, I, толща 2), относятся не к бухарскому ярусу, как считали раньше, а к сузакскому^(14, 2, 1). В связи с этим мною дано новое сопоставление разрезов Ферганской депрессии⁽¹¹⁾ из которого явствует, что известные ранее местонахождения фауны капланбекского комплекса⁽⁴⁾ приурочены к двум стратиграфическим горизонтам. Первый из них, представленный гипсами с прослоями доломитов (см. табл. 1, II, толща 1), подстилает нижнюю терригенную толщу сузакского яруса, заключающую разнообразную фауну; второй горизонт залегает выше этой толщи и представляет крупную линзу доломитов и доломитизированных известняков с гипсом (горизонт «к» Южной Ферганы, табл. 1, I, толща 3).

Присутствие фауны капланбекского комплекса выше слоев с морской фауной сузакского яруса С. Н. Симаков⁽¹⁴⁾ объяснил тем, что некоторые виды

Таблица 1

Поставление отложений бухарского и сузакского ярусов палеогена Южной и Северо-Восточной Ферганы

Симаков, 1952	Вялов, 1945	Осипова, 1953	I. Южная Фергана		II. Северо-Восточная Фергана	Осипова, 1953	Вялов 1936, 1945	
Al ₃	Al ₂	Al ₂ ¹	6. Известняки с <i>Turkostrea turkestanensis</i> Rom.			Al ₂ ¹	Al ₂	средний эоцен
	Al ₁	Al ₁	5. Зеленые мергели и устричники с <i>Turkostrea</i>			Al ₁	Al ₁	
Al ₂	Szk	Szk ₃	4. Гипсы с красными и зелеными мергелями	4. Красные глины с пластами гипса	Szk ₃	Szk ₂	Szk	нижний эоцен
Al ₁	Bch	Szk ₂	3. Известняки и доломиты с <i>Cuneosorbula</i> и др. разнообразными моллюсками; к Ю. и З. замещаются песками	3. Известняки с <i>Ostrea hemiglobosa</i> , <i>Gryphaea errata</i> и др. моллюсками	Szk ₂			
Szk		Szk ₁	2. Песчано-глинистые отложения с разнообразными моллюсками		Szk ₁			
Bch	Dn	Bch	1, 1а. Белые гипсы Гознау	1. Гипсы с прослоями доломита, содержащими <i>Cuneosorbula</i> и др.	Bch	Bch	палеоцен	
		Dn		1а. Гипсы с прослоями доломита	Dn			

Этого комплекса имели более широкий диапазон стратиграфического распространения — от бухарского до алайского ярусов. Не обсуждая возможной принадлежности доломитов с капланбекской фауной (толща З) к сузакскому ярусу, С. Н. Симаков причислил их к алайскому ярусу, поставив им самым под сомнение стратиграфическое значение фауны капланбекского комплекса, ранее считавшейся характерной только для бухарского яруса. Однако имеющийся фактический материал показывает, что капланбекский комплекс фауны ограничен в своем распространении только бухарским и сузакским ярусами.

В табл. 2 приведены списки форм (по определениям О. С. Вялова и В. Ливеровской) из 10 местонахождений, приуроченных к гипсоносным доломитам несомненно бухарского возраста (ср. табл. 1, II, толща 1). Во всех местонахождениях обнаружены только представители родов, наиболее характерных для капланбекского комплекса: *Corbula* (*Cuneosorbula*), *Modiola*, *Cerithium*; кроме них встречаются лишь редкие *Meretrix* и *Sartata*. Эта бедная фауна существовала в восточной части Ферганской лагуны, готовшей к Алайскому проливу, через который шло сообщение с Таджиким морем. В западной же половине Ферганской лагуны соленость вод

Распределение фауны бухарского яруса по местонахождениям

Названия видов	С.-В. Фергана				Ю.-В. Фергана			Алайский пролив	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Corbula (Cuneocorbula) angulata</i> Lam.	+	+	+	+		+		ex gr.	ex gr.
<i>Corbula (Cuneocorbula) biangulata</i> Desh.	+	+				+			
<i>Corbula (Cuneocorbula) triangulata</i> Vial.		+							
<i>Corbula (Cuneocorbula) gorizdroae</i> Vial.	+								
<i>Corbula (Cuneocorbula) asiatica</i> Vial.	+	ex gr.				+			
<i>Corbula (Cuneocorbula) turkestanensis</i> Slodk.	+								ex gr.
<i>Corbula (Cuneocorbula) sp.</i>					+	+	+		
<i>Modiola jeremejewi</i> Rom.		cf.	cf.			+		cf.	cf.
<i>Meretrix sp.</i>			+			+			
<i>Cardita sp.</i>									+
<i>Cerithium zeravschanensis</i> Vial.	cf.								+
<i>Potamides ? romanovskyi</i> Vial.	+								
<i>Bulla sp.</i>		+							

Местонахождения: 1 — Чангырташ; 2 — Кызыл-Яр; 3 — р. Чангет-4 — р. Яссы; 5 — Кочкар-Ата; 6 — р. Абшир; 7 — Ялпак-Таш; 8 — Сай-Сукулук; 9 — бассейн р. Курумды; 10 — бассейн р. Кичик-Алай.

была настолько высокой, что отлагались почти исключительно гипсоводостовверные остатки фауны бухарского яруса здесь пока не обнаружены.

В таких условиях не могла обитать фауна, подобная населявшей в бухарский век некоторые участки Таджикского моря, где соленость временами приближалась к нормальной морской и жили морские ежи, устрицы и другие разнообразные моллюски^(10, 15). Именно этими фациальными различиями и объясняется отсутствие в отложениях бухарского яруса Ферганы устрицы *Gryphaea antiqua* (Schwetz.), столь характерной для одних возрастных отложений Таджикской депрессии⁽¹¹⁾.

Обратимся теперь к рассмотрению фауны капланбекского комплекса, найденной в горизонте «к» Южной Ферганы. Эта фауна, считавшаяся типичной бухарской и служившая О. С. Вялову⁽⁴⁾ для корреляции разрезов Южной и Северо-Восточной Ферганы, была переопределена в 1952 г. Е. В. Ливеровской по новым сборам В. Г. Клейнберга из исфаринского разреза (см. табл. 1, I, толща 3).

Выяснилось, что, кроме видов, определенных О. С. Вяловым: *Modiola jeremejewi* Rom., *Potamides (?) romanovskyi* Vial., *Corbula (Cuneocorbula) angulata* Lam., *C. asiatica* Vial.⁽⁴⁾, здесь присутствуют *Cuneocorbula biangulata* Desh. и *Cerithium zeravschanensis* Vial., тоже входящие в капланбекский комплекс, а также представители родов, которые обнаружены в подстилающей толще сузакского яруса⁽¹⁾: это — *Arca*, *Cardita*, *Cardium* и *Naticidae*. Здесь найдены также многочисленные *Solecuretus* sp., *Lucina* sp., *Pyramidel* sp. и сравнительно редкие *Meretrix* sp. В более восточных выходах этого же горизонта (разрез Кан) Е. В. Ливеровской определены *Cucullaea*, *Arca*, *Pectunculus*, *Cardita*, *Cardium*, *Parallelodon*, *Meretrix* и *Potamides*. Нахождение общих родов устанавливает связь между фауной толщи 2 и толщи 3 Южной Ферганы и позволяет рассматривать фауну из толщи 3 не как типичную ассоциацию капланбекского комплекса, а как сузакскую фауну.

* Указание О. С. Вялова⁽⁷⁾ на нахождение бухарского известняка в Северо-Западной Фергане (Шайдан-Аштский) не подтвердилось; эти известняки с мелкими ядрами пелелины и гастропод являются аналогами пестроцветной свиты верхнего мела Южной Ферганы. В Мурзарабатской котловине и на южном склоне Кураминского хребта отложения бухарского яруса выделяются лишь предположительно⁽⁹⁾.

которой в связи с изменившимися условиями обитания появились формы, ранее существовавшие в соленой лагуне бухарского века.

Следует подчеркнуть, что представители родов *Pectunculus*, *Cucullaea* Агса, найденные в отложениях горизонта «к» Южной Ферганы (толща 3), полностью отсутствуют (*Pectunculus*, *Cucullaea*) или чрезвычайно редки (Агса) в отложениях алайского яруса Ферганы и Таджикской депрессии¹²), тогда как в сузакском ярусе этих регионов они широко распространены¹³). Эти данные, а также отсутствие в горизонте «к» характерной фауны алайского яруса, противоречат отнесению этого горизонта к алайскому ярусу.

Для уточнения стратиграфического значения капланбекского комплекса нужно знать границы его вертикального распространения. В отложениях алайского и туркестанского ярусов Ферганы этот комплекс не обнаружен. Среди моллюсков алайского яруса, которые были нами собраны в большом количестве (около 1000 экземпляров), Е. В. Ливеровская нашла только одну из форм капланбекского комплекса — *Cuneosorbula biangulata* Desh., причем всего в 3 экземплярах. Из алайского яруса Таджикской депрессии мы располагали более ограниченным материалом (250 экземпляров моллюсков), но среди них Е. В. Ливеровская не обнаружила ни одной формы капланбекского комплекса, хотя в алайском веке там находились обширные соленые лагуны.

Это позволяет считать, что существование капланбекского комплекса фауны в среднеазиатских бассейнах ограничивалось бухарским и сузакским веками.

Характер распространения моллюсков капланбекского комплекса в бухарском и сузакском ярусах различен. В бухарском ярусе моллюски капланбекского комплекса имеют широкое распространение, встречаясь во всей восточной части Ферганской депрессии, в области Алайского пролива, Таджикской депрессии, Бухаре, Приташкентском районе и в других частях Средней Азии, в сузакском же ярусе они появляются лишь спорадически (пока известны в одном сравнительно маломощном горизонте). Неизменное распространение этих моллюсков в бухарском веке объясняется тем, что лагуны, в которых они могли существовать, занимали большие пространства на территории Средней Азии именно в начале палеогеновой эпохи. В следующий, сузакский век, когда усилились нисходящие отложения и улучшилась связь с европейской частью палеогенового бассейна, — геологические условия приблизились к нормальным морским, и в Ферганском заливе появилась разнообразная фауна моллюсков. Соленые лагуны относительно кратковременно существовали в наиболее обособленных и стокровых участках сузакского бассейна, и здесь местами появлялась пикетовая фауна бухарского века.

Суммируя приведенные данные, мы приходим к выводу, что хотя фауна капланбекского комплекса не может служить безусловным показателем бухарского яруса, она сохраняет свое руководящее значение для сопоставления отделов в целом, причем наиболее характерной она является для бухарского яруса.

Поступило
25 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Т. Балахматова, Тр. ВНИГРИ, нов. сер., **73**, 171 (1953). ² Н. К. Быкова, Тр. ВНИГРИ, нов. сер., **73**, 207 (1953). ³ О. М. Варенцова-Мануйленко, Тр. ВНИГРИ, нов. сер., **73**, 103 (1953). ⁴ О. С. Вялов, Мел и палеоген Ферганы, Изд. АН СССР, 1936. ⁵ О. С. Вялов, Тр. ИГРИ, сер. А, **71** (1936). ⁶ О. С. Вялов, Тр. 1 Среднеаз. нефт. конф., Изд. АН УзССР, 1945. ⁷ О. С. Вялов, **ИЗВ. АН УзССР**, № 4 (1945). ⁸ Е. В. Ливеровская, Тр. ВНИГРИ, нов. сер., **66**, 161 (1953). ⁹ Е. Минакова, Тр. Инст. геол. АН УзССР, **2**, 143 (1948). ¹⁰ Л. В. Минакова, Вестн. ЛГУ, **10**, 187 (1953). ¹¹ А. И. Осипова, Ферганский залив палеогенового моря, история его развития и условия обитания населявшей его фауны и флоры, Автореферат диссертации, МГУ, 1954. ¹² А. И. Осипова, Вопросы геологии Азии, **2**, Изд. АН СССР, 1955. ¹³ Б. А. Петрушевский, ДАН, **14**, № 2 (1937). ¹⁴ С. Н. Макаров, Тр. ВНИГРИ, нов. сер., **73**, 201 (1953). ¹⁵ В. Б. Татарский, Уч. зап. ЛГУ, № 189, сер. геол., **6**, 90 (1955).

Л. Я. ПРОВОДНИКОВ

О ПРЕИМУЩЕСТВЕ ГЕОКАРТИРОВАНИЯ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ГРАФИКАМ И ВОЗМОЖНЫХ ОШИБКАХ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ВЫВОДАХ ПО КАРТАМ ИЗОАНОМАЛ

(Представлено академиком Н. С. Шатским 26 VI 1956)

Конфигурация линий изогамм на картах часто рассматривается как параллельная контурам геологических образований. При этом оси магнитных аномалий, проведенные на основании рассмотрения карт изогамм, принимают обычно как оси соответствующих геологических тел или структур.

Однако в действительности линии изогамм, по общему правилу, не параллельны контурам возмущающих геологических образований.

По картам изогамм обычно невозможно достаточно точно проследить контакты геологических образований и тектонические нарушения, которые четко прослеживаются по геомагнитным графикам. Конфигурация изогамм часто не отражает даже основной геологической структуры исследуемого района. Чаще это наблюдается на съемках на уровнях, значительно удаленных от поверхности возмущающих масс, при больших глубинах залегания фундамента, как например, в Западно-Сибирской низменности, или на больших высотах полетов. Геологические контакты, нарушения, простирающиеся и оси наклоненных тел, установленные в результате анализа геомагнитных графиков, часто секут линии изогамм и дают картину изгибных и отрицательных наклонений. Это объясняется тем, что положение прихотливо-сложных изгибов линий изогамм на карте определяется суммарным эффектом наложенных от различных их источников, в частности от геологических тел различных форм, разнообразно расположенных в пространстве и по вертикали (различные глубины и многообразие

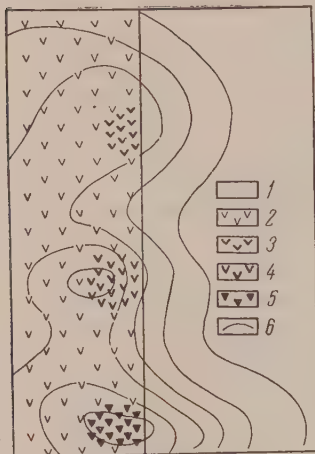


Рис. 1. Возможный вариант соотношения в плане линии геологического контакта и конфигурации изогамм: 1 — осадочные отложения; 2 — изверженные образования (x_1, J_1); 3 — то же (x_2, J_2); 4 — то же (x_3, J_3); 5 — то же (x_4, J_4); 6 — изогаммы

ность источников аномалий), а также от сложно дифференцированных по магнитным свойствам (x, J_r) отдельно взятых тел, например масс изверженных пород.

Вопреки распространенному мнению, следует отметить, что для изверженных пород характерна неоднородность по магнитным свойствам (почти варьирующий характер магнитных графиков), а не магнитная однородность, в природе сравнительно редко встречаемая. Рис. 1, например, иллюстрирует возможный вариант соотношения в плане линии геологического контакта и конфигурации изогамм. Последние не параллельны прямолинейному контакту изверженных пород с осадочными отложениями.

отображают разнородный в магнитном отношении характер строения сива изверженных пород.

Рис. 2 иллюстрирует несоответствие геологических контуров линиям изогамм. Контакт изверженных образований с осадочными отложениями проведен на рисунке по графикам ΔZ . Изогаммы ограничивают отдельные аномальные участки в пределах изверженных образований или выделяют зоны повышенного поля, являющиеся магнитным эффектом аномальных

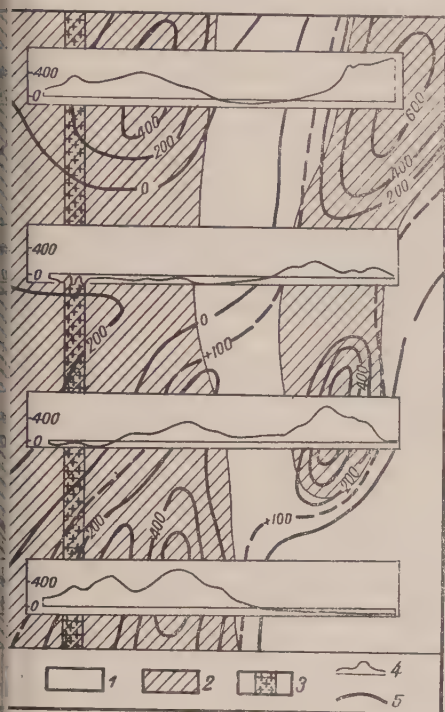


Рис. 2

Рис. 2. Возможное соотношение геологического контакта и линий изогамм: 1 — осадочные отложения; 2 — изверженные образования; 3 — дайка; 4 — графики ΔZ ; 5 — изогаммы

Рис. 3. Соотношение осей аномалий, проведенных по графикам ΔT и карте изогамм, на одном из участков Западно-Сибирской низменности: 1 — графики ΔT ; 2 — изогаммы; 3 — оси аномалий, проведенные по графикам ΔT ; 4 — то же по карте изогамм

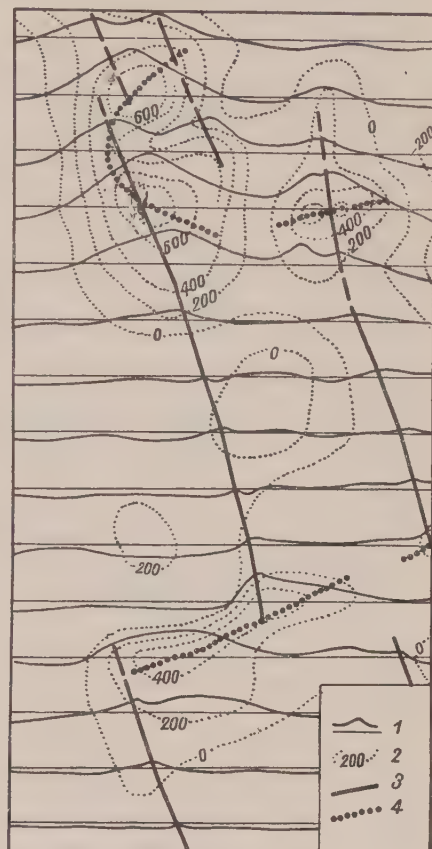


Рис. 3

участков двух изолированных изверженных тел. При этом изогаммы (0; -100) секут геологические контакты и создают ошибочное представление о существовании геологического тела северо-восточного простирания. Отмеченная на рисунке дайка проведена по локальной аномалии, прослеживаемой по графикам ΔZ и не отражающейся на карте изогамм.

На рис. 3 линии изогамм и аномальные оси, проведенные по карте изогамм, пересекают оси, установленные по графикам ΔT . По конфигурации изогамм и направлению аномальных осей, проведенных по карте изогамм, невозможно составить четкое представление о геологическом строении и структуре участка. Здесь вероятным кажется предположение о развитии отдельных хаотически расположенных интрузивных тел. Предположительные структурно-тектонические простирания на участке можно представить скорее как близкие к северо-восточному направлению, т. е. ортогонально направлению аномальных осей, проведенных по графикам ΔT .

Северо-западное направление осей, установленное по графикам, соответствует известному здесь по геологическим данным представлению о структуре участка и преобладающему простираению развитых в этом районе эффузивных и интрузивных образований.

Примеры, аналогичные приведенным, многочисленны в практике производственных работ и имеются в материалах соответствующих производственных отчетов.

Таким образом, задачи картирования по магниторазведке значительно полнее и точнее могут быть решены при интерпретации непосредственно магнитометрических графиков, а не карт изогамм.

Интерпретацию гравиметровых данных также целесообразно производить, прежде всего, непосредственно по графикам силы тяжести.

Карты изоаномал, составленные с учетом данных анализа графиков, как и карты со снятыми региональными полями, т. е. карты с выделенными локальными аномалиями, относительно обычных карт изоаномал суммарных полей полнее отображают геологическое строение исследуемых районов. Но и по отношению таких карт преимущества остаются за интерпретацией графиков.

Благодаря тщательному анализу магнитометрических графиков, например, ряда исследованных районов Западной Сибири, удалось установить простираения основных структурных и тектонических направлений, оказавшихся ортогональными тем направлениям, которые были ранее ошибочно установлены по картам изогамм.

Карты изогамм, как дополнение к графикам, нужны, но их следует всегда рассматривать лишь как вариант геологической интерпретации.

Горно-геологический институт
Западно-Сибирского филиала
Академии наук СССР

Поступило
26 VI 1956

П. П. ТИМОФЕЕВ

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГУМУСОВЫХ УГЛЕЙ СРЕДНЕГО КАРБОНА ДОНБАССА

(Представлено академиком Д. И. Щербаковым 19 VI 1956)

Разработка и построение генетической классификации углей вообще и гумусовых в частности — одна из главнейших задач угольной геологии. Жемчужникову, генетическая классификация должна основываться на их природе и происхождении. Под происхождением углей следует понимать не только исходный материал, который послужил для их образования, а и конечный результат, связанный с процессом его первичного превращения, зависящего от метаморфизующих агентов, как температура и давление, повышающих «зрелость» угля⁽⁶⁾.

Существующие так называемые генетические классификации гумусовых углей среднего карбона Донбасса не являются в полном смысле этого слова генетическими, так как положенные в их основу критерии имеют более частный, чем общий характер, вытекающий исключительно из петрографического или химического (совместного или раздельного) изучения углей. Подобные исследования, оторванные от детального фациального анализа вмещающих угли отложений, естественно не могут объективно оценить роль и значение каждого фактора осадко- и углеобразования и установить единых главнейших, которыми определялся и регулировался характер направленность процесса первичного превращения исходного растительного материала в торф. Поэтому только посредством совмещения, прежде всего литологических углепетрографических и углехимических исследований с учетом общего геологического развития той или иной области, можно выявить и познать законы формирования углей и угленосных отложений.

Детальное литологическое изучение угленосных отложений^(7, 11-14) в комплексе с углепетрографическими⁽¹⁻³⁾ и углехимическими^(4, 5, 10) исследованиями гумусовых углей среднего карбона Донбасса позволило по-иному, чем это делалось ранее, подойти к решению вопроса о построении их генетической классификации.

Среди углей среднего карбона Донбасса Л. И. Боголюбовой^(2, 3) по признаку строения гелефицированного вещества выделено 4 генетических типа: 1) клареновые угли с ксиловитрено-витреновым гелефицированным веществом, 2) дюреновые угли со смешанным составом форменных элементов, 3) клареновые угли с однородным гелефицированным веществом и дюреновые угли со спорным составом форменных элементов. Угли этих типов различаются характером строения и количеством гелефицированного вещества, насыщенностью и составом форменных элементов, содержанием гумифицированного и кутинизированного типов вещества, их соотношением, содержанием пирита и другими признаками*.

Генетические типы углей отличаются друг от друга не только петрографическими признаками, но имеют и неодинаковые химико-технологические

* Подробная их петрографическая характеристика приводится в работах Л. И. Боголюбовой^(2, 3).

свойства*. В. В. Видавский и Н. Я. Рябоконева (4), а затем П. Я. Самсолович, Е. И. Зайцева, М. М. Лифшиц и др. (5, 10) на основании изучения физико-технологических свойств углей большого количества пластов среднего карбона Донбасса установили по степени восстановленности четыре типа углей: *а*, *б*, *в* и *вв*, где степень восстановленности возрастает от типа *а* к типу *вв*. Маловосстановленные угли, угли типа *а*, являются, как правило, малосернистыми (до 1,5%), малозольными (до 7%); во всех группах метаморфизма они имеют меньшую спекающую способность, меньшую теплоустойчивость и более низкий выход летучих веществ по сравнению с углями типов *вв* и *в*. Восстановленные (тип *в*) и весьма восстановленные (тип *вв*) угли являются многосернистыми (свыше 3%), обычно зольными; во всех группах метаморфизма они имеют значительно более высокую спекающую способность и более высокий выход летучих веществ по сравнению с углями типа *а*. Угли типа *б* обладают промежуточными свойствами между маловосстановленными и восстановленными углями.

Химическое изучение углей различных генетических типов, выделенных по признаку строения геифицированного вещества, а также рассмотрение и сопоставление материалов Донецкого угольного института и треста «Артезианская геологическая» по петрографическому и химическому исследованию углей показало, что угли весьма восстановленные имеют ксиловитрено-витреновый характер строения геифицированного вещества, а угли маловосстановленные — однородный характер строения геифицированного вещества (1-3, 5, 10).

Детальный фациальный анализ угленосных отложений, проводившийся непосредственно в тех же точках, где петрографически и химически исследовались угли, дал возможность выявить определенную зависимость между генетическими типами углей и циклами-обстановками осадконакопления. Было установлено (11, 13), что угольные пласты, представленные первым и вторым генетическими типами, связаны с континентально-морскими и собственно-морскими циклами, а последними двумя генетическими типами — с прибрежно-морскими и прибрежно-собственно-морскими циклами. Изучение этой связи и рассмотрение общего хода среднекарбонowego осадконакопления в Донбассе позволили установить главные, ведущие факторы углеобразования. Первым таким фактором являлась продолжительность биохимического разложения растительного материала, вторым — степень обводненности болот, которой определялся химизм их среды**. Разнообразные сочетания этих двух главнейших факторов в различных обстановках осадконакопления привели к образованию углей с неодинаковым характером строения и количеством геифицированного вещества.

В континентально-морских (КМ-I, КМ-II, КМ-III) и собственно-морских (М-III) обстановках, характеризовавшихся различными условиями до и после торфонакопления и непродолжительным разложением исходного растительного материала, возникали: а) в обводненных застойных болотах клареновые угли с ксиловитрено-витреновым геифицированным веществом (тип А-I) и б) в малообводненных («сухих») болотах дюреновые угли со смешанным составом форменных элементов (тип А-II). Общим для них служило ксиловитрено-витреновое геифицированное вещество, которое резко (в 2—3 раза) преобладает над однородным и его количество колеблется от 65 до 50% в типе А-I и от 35 до 15% в типе А-II. Кроме того, эти угли имеют разнообразный состав форменных элементов, относительно большое содержание фюзенизированного вещества по сравнению

* Эта характеристика относится к клареновым углям, поскольку дюреновые угли, ввиду их малого развития в среднем карбоне Донбасса, отдельно химически не исследовались.

** Исходный растительный материал исключен нами из факторов образования углей среднего карбона Донбасса, поскольку работами М. Д. Залесского (8), Е. Ф. Чирковой (15), А. М. Ищенко (9) и др. доказано, что он был фактически одинаковым и не мог в какой-либо мере существенно влиять на формирование генетических типов углей.

Генетическая классификация гумусовых углей среднего карбона Донбасса

Генетические группы углей

Группа А;
угли с ксиловитрено-витреновым гетерифицированным веществом

Генетические типы углей

тип А-1;
клареновые угли с ксиловитрено-витреновым гетерифицированным веществом

Генетические подтипы углей

подтип А-1а; ксил-ловитрено-витрено-новый кларен

подтип А-1б; ксил-ловитрено-витрено-новый кларен

подтип А-1в; ксил-ловитрено-витрено-новый кларен

подтип А-1г; ксил-ловитрено-витрено-новый кларен

подтип А-1д; ксил-ловитрено-витрено-новый кларен

подтип А-1е; ксил-ловитрено-витрено-новый кларен

подтип А-1ж; ксил-ловитрено-витрено-новый кларен

Основные признаки углей, их типов и подтипов

характер строения гетерифицированного вещества

состав форменных элементов

содержание ксиловитрено-витренового гетерифицированного вещества

содержание однородного гетерифицированного вещества

содержание фюзенизированного вещества

содержание спор и кутикул

соотношение фюзенизированного и кутинизированного вещества

фации

обстановки осадконакопления

Условия образования углей

Группа Б;
угли с однородным гетерифицированным веществом

тип Б-4;
клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4а; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4б; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4в; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4г; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4д; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4е; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4ж; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4з; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4и; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

подтип Б-4к; клареновые угли с однородным гетерифицированным веществом

с кутинизированным (их отношение всегда более единицы) и другие признаки (табл. 1).

В прибрежно-морских (М-I) и прибрежно-собственно-морских (М-II) обстановках, обладавших сходными условиями до и после торфонакопления и длительным разложением исходного растительного материала, образуются: а) в обводненных застойных болотах клареновые угли с однородным гелефицированным веществом (тип Б-I) и б) в слабо проточных болотах дюреновые угли со споровым составом форменных элементов (тип Б-II). Характерным для этих углей является однородное гелефицированное вещество, которого в типе Б-I содержится 65—55 % а в типе Б-II 35—10 %, т. е. оно здесь более развито по сравнению к ксилитро-витрено-витреновым. Они имеют также более однообразный состав форменных элементов, пониженное содержание фюзенизированного вещества по сравнению с кутинизированным (их отношение менее единицы) и другие признаки (см. табл. 1).

Таким образом, в ходе исследований было выяснено, что угли с ксилитро-витрено-витреновым гелефицированным веществом (тип А-I и А-II) образуются исключительно в континентально-морских и собственно-морских обстановках. Формирование же углей с однородным гелефицированным веществом (типа Б-I и Б-II) всегда происходило в прибрежно-морских и прибрежно-собственно-морских обстановках. Это дает нам основание считать, что признак строения гелефицированного вещества, который полностью зависит и определялся соответствующими обстановками осадконакопления, является генетическим и должен быть положен в основу построения предлагаемой (см. табл. 1) генетической классификации гумусовых углей среднего карбона Донбасса. Поэтому угли четырех генетических типов, выделенных по признаку строения гелефицированного вещества автором ⁽¹³⁾ по тому же признаку и на основе анализа их связи с циклами-обстановками осадконакопления, объединены в две генетические группы* — группу углей с ксилитро-витрено-витреновым гелефицированным веществом и группу углей с однородным гелефицированным веществом.

Геологический институт
Академии наук СССР

Поступило
16 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. И. Боголюбова, В. С. Яблоков, Изв. АН СССР, сер. геол., № 6 (1951).
² Л. И. Боголюбова, Типы гумусовых углей среднего карбона. Атлас микроструктур углей Донецкого бассейна, Изд. АН СССР, 1955, ³ Л. И. Боголюбова, Тр. лаб. геол. угля АН СССР, в. 6 (1956). ⁴ В. В. Видавский, Н. Я. Рябоконев, Органическая масса донецких углей в связи с их коксующими свойствами. Геол.-хим. карта Донбасса, в. 5 (1941). ⁵ Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна, в. 8, Обоснование построения геолого-углехимической карты Донецкого бассейна, 1954.
⁶ Ю. А. Жемчужников, Общая геология ископаемых углей, 1948. ⁷ Ю. А. Жемчужников, Л. Н. Ботвинкина, П. П. Тимофеев и др., Атлас литогенетических типов угленосных отложений среднего карбона Донбасса, Изд. АН СССР, 1956.
⁸ М. Д. Залесский, Очерк по вопросу образования угля, 1914. ⁹ А. М. Ищенко, Тр. спорово-пыльцевой конференции 1948 г., М., 1950. ¹⁰ П. Я. Самойлович, Е. И. Зайцева и др., Уголь, № 8 (1951). ¹¹ П. П. Тимофеев, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1952). ¹² П. П. Тимофеев, ДАН, 93, № 6 (1953). ¹³ П. П. Тимофеев, ДАН, 102, № 4 (1955). ¹⁴ П. П. Тимофеев, Изв. АН СССР, сер. геол., № 2 (1956). ¹⁵ Е. Ф. Чиркова, Природа, № 3 (1937).

* Л. И. Боголюбова ⁽²⁾ также выделяет две генетические группы углей, но в них объединяет генетические типы не по признаку строения гелефицированного вещества, как это сделано нами, а по признаку количественного соотношения гелефицированного, фюзенизированного и кутинизированного вещества. Поэтому ею выделяется группа клареновых и группа дюреновых углей. Такое объединение типов углей в генетические группы не согласуется с общим ходом осадконакопления и не увязывается с его обстановками.

МИНЕРАЛОГИЯ

Я. Я. ЯРЖЕМСКИЙ

**ПРЕОБРАЖЕНСКИТ — НОВЫЙ БОРАТ СОЛЕНОСНОЙ
ТОЛЩИ ИНДЕРСКОГО ПОДНЯТИЯ**

(Представлено академиком Н. М. Страховым 17 III 1956)

При полевом изучении керновых материалов новых скважин, пробуренных на Индерском поднятии Индерской экспедицией Главгеохимразведки, в котором были встречены в июне 1953 г. желваковые образования боратов размерами около 5×3 см. Прилагаемая фотография (рис. 1) передает довольно отчетливо внешний вид двух желваков в керновых образцах (№№ 1730 и 1731). В приведенном примере вмещающей породой служит каменная

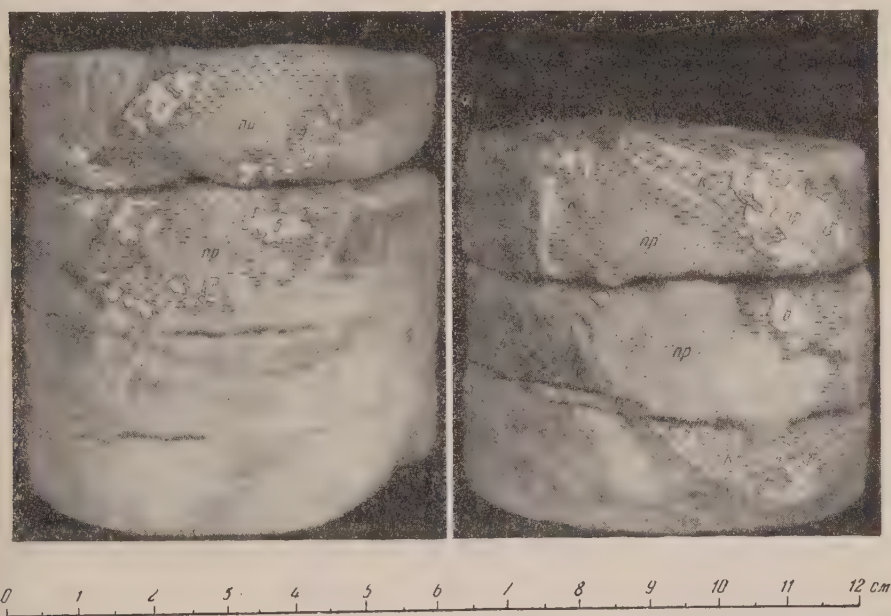


Рис. 1.

соль мелкозернистой структуры, перемежающаяся с тонкими (от долей миллиметра до 1,0—1,5 мм) прослойками полигалита. Последние имеют очень мелкозернистую структуру и сложены зернышками полигалита (и редкими — ингидрита) величиной около 0,01 мм. Падение прослоев полигалита и разделяющих слоев каменной соли под углом около 70° .

Главную массу боратовых желваков, изображенных на рис. 1, составляет лимонно-желтый мелкокристаллический борат (пр), твердостью 4,5—5,0. Минерал относится к низшей сингонии, скорее всего — к моноклинной. Форма кристаллов таблитчатая, уплощенная, видимо, по (100), часто овальная. Округлые очертания обусловлены наличием большого числа мелких граней; этим же объясняется штриховка (рис. 2) кристаллов. N_g перпендикулярно к длине кристаллов. В сечениях, перпендикулярных к N_g (рис. 3) — то асимметричных, то правильных, получается коноскопическая фигура

одноосного положительного минерала. Однако в этих сечениях наблюдается косое погасание с углом порядка 25° . Показатели преломления: N_g —около 1,594; $N_m \approx N_p = 1,573 \pm 0,002$ (двупреломление около 0,021).

Желтоватую массу нового бората окружают крупные (до 5—7 мм) бесцветные (водяно-прозрачные) кристаллы калибората (к на рис. 1). Такого (совершенно прозрачного) калибората мы до этого времени еще на Индере не встречали.

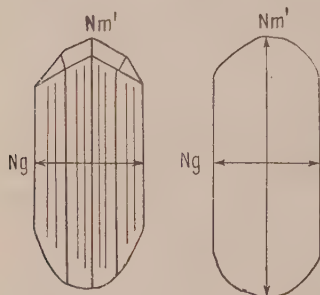


Рис. 2. Таблитчатая форма кристалликов преобразженскита. Зарисовка, 30 X

В калиборате и близ его контактов с описываемым новым боратом имеются снежно-белые участки и желвачки диаметром до 2 мм очень твердого минерала (б), который оказался почти изотропным борацитом с высокой твердостью.

При последующем изучении нового бората принял участие ряд лиц различных специальностей. Т. К. Айдаров (ВНИИГ) спектрографически установил, что в состав бората входят в большом количестве бор и магний. Термографический анализ (рис. 4) был выполнен В. П. Ивановой в термографической лаборатории ВСЕГЕИ. На обеих кривых четко выражен эндотермический эффект от 540 до 600° , соответствующий выделению 15—16% H_2O , что подтверждено данными о потере веса образца, определенной с помощью термовесовой установки конструкции ВСЕГЕИ. При $730\text{—}750^\circ$

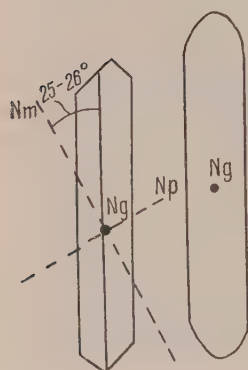


Рис. 3. Разрезы кристалликов преобразженскита, изображенных на рис. 2, перпендикулярные к N_g

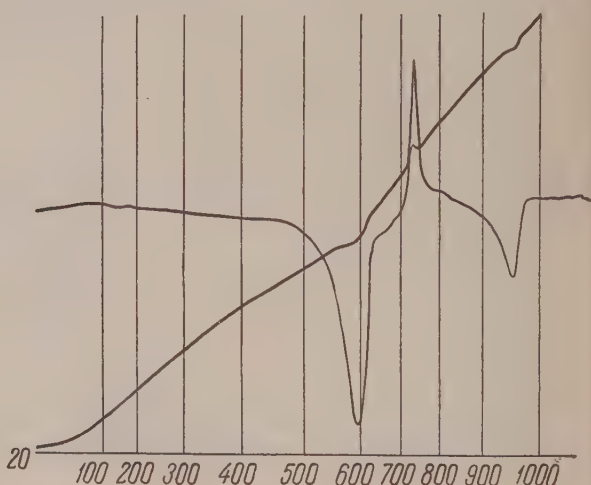


Рис. 4.

получен характерный вообще для всех боратов, очень резкий экзотермический эффект, сопровождающийся сильным уплотнением вещества и спеканием в твердую массу. От 900 до 950° — четкий эндотермический эффект, причина которого неясна.

Кривая нагревания нового бората имеет специфически присущий ей вид и отличается от кривых нагревания всех других боратов.

Рентгенометрическое изучение минерала выполнено В. И. Апполоновым (ВНИИГ).

В результате сравнения наиболее интенсивных линий по их межплоскостным расстояниям $\left(\frac{d_{\alpha}}{n}\right)$ с рентгенограммами, приведенными в определителе, оказалось, что ни один из известных минералов группы боратов не имеет сходства с данным. Таким образом, и этот метод показывает, что мы

имеем дело с новым боратом, большое число линий на рентгенограмме которого свидетельствует о его низкой симметрии.

В память неутомимого исследователя соляных богатств СССР Павла Ивановича Преображенского (13.I.1874 г. — 10.IX.1944 г.) этот борат назван преображенскитом.

При широко проводящихся поисковых и разведочных работах в пределах Индерского поднятия после открытия преображенскита в 1954 и 1955 гг. имели место многочисленные дополнительные находки преображенскита в различных участках, преимущественно в породах сильвинит-галитовой пачки соленосной толщи центральных и восточных площадей Индерского поднятия. В результате изучения материалов теперь уже выделяется несколько разновидностей преображенскита. В разрезе скважины № 1989 он сразу встречен в трех модификациях.

1) Коричневатая преображенскитовая порода сохраняет тонкую слоистость и является наименее раскристаллизованной из всех ее разновидностей. Она имеет микроточечную агрегатную структуру. По-видимому, это одна из самых ранних структур преображенскита, близкая, вероятно, к той, которая получилась в процессе начальной стадии перекристаллизации еще более раннего, почти коллоидного вещества. Сохраняющаяся тонкослоистая текстура свидетельствует о выпадении преображенскита в твердую фазу во время образования осадков в солеродном бассейне, а не о каком-либо эпигенетическом его происхождении. Эта порода по внешнему виду очень похожа на ангидритовую.

2) Темно-серый преображенскит в виде линз в темно-серых (почти черных) галопелитах имеет микрозернистую, местами мелкозернистую структуру, сходную с той, которая наблюдается у халцедона. Эта порода легко скоблится ножом. Она несколько отчетливее перекристаллизована по сравнению с только что описанной коричневой преображенскитовой породой. Местами встречаются вытянутые ланцетовидно-веретеновидные зерна размером до 0,1 мм по длинной оси в точечно- и мелкоагрегатной массе, но еще не появилось отчетливо выраженных чечевицеобразных образований, характерных для преображенскита.

3) Лимонно-желтый (иногда почти бесцветный) преображенскит представляет собой третью, в сильной степени перекристаллизованную разновидность. На изломе порода блестит, потому что она сложена сравнительно крупными (от 0,1 до 0,5 мм) более или менее изометрическими зернами и таблитчатыми кристалликами преображенскита, достигающими в длину до 1,5 мм (при ширине 0,4 мм). Эта разновидность преобра-

Таблица 1

№ образца	SO ₃ "	Cl'	Br'	B ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	R ₂ O ₃	K	Na*	Нер. ост. сол. кисл. выт.	Вода**		Сумма	Эквиваленты			Отношение эквивалентов		
												гигр.	крист.		MgO	B ₂ O ₃	H ₂ O крист.	MgO	B ₂ O ₃	H ₂ O
2267	Не об- наруж.	0,82	0,008	60,91	0,01	20,82	0,43	0,41	0,25	0,38	0,06	0,20	14,30	98,00	0,516	0,832	0,794	3	5	4,5

* Na определен по разности из расчета на сильвинит.

** Количество гигроскопической воды и кристаллизационной воды определены и дважды проверены в кварцевой трубке химиком-аналитиком ВСЕГЕИ К. А. Баклановой

женскита легко скоблится ножом, а при лежании на воздухе образец лимонно-желтого преобразенскита нередко становится рыхлым с поверхности и крошится при надавливании пальцами.

По лимонно-желтой разновидности преобразенскита скважина № 1986 прошла 0,7 м, и керновый материал представляет собою почти чистую мономинеральную породу. В связи с этим здесь был отобран материал для химического анализа, который выполнен в геохимической лаборатории ВНИИГА Е. М. Петровой и В. П. Ерехович (см. табл. 1 — в весовых %).

Таким образом, приведенный анализ дает формулу преобразенскита $3 \text{MgO} \cdot 5 \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4,5 \text{H}_2\text{O}$.

4) В последнее время обнаружены в различных скважинах крупные (до 10 мм и более по длинной оси) бесцветные уплощенные кристаллы преобразенскита, которые представляют собой, по всей вероятности, продукты дальнейшей собирательной кристаллизации этого минерала. Они не образуют сплошной породы, а встречаются в бороносной каменной соли в виде отдельных кристаллов — то единичных, то расположенных группами. Установить, когда происходили, в основном, эти явления перекристаллизации: на диагенетической или на эпигенетической стадиях, пока еще не представляется возможным.

5) В январе 1956 г. Н. К. Воробьевым был прислан автору образец чрезвычайно своеобразного «преобразенскита с иниоитом», как указывалось в сопроводительном письме.

Этот преобразенскит представляет собою белую с легким голубоватым оттенком мелкозернистую мраморовидную породу. Она отобрана в соленосной толще близ самого соляного зеркала в разрезе пород, вскрытых скважиной № 2182. Величина зерен до 0,25 мм, обычно меньше. Верхний показатель преломления у данной (несколько более твердой) разновидности, на 0,002 выше, чем у других его разновидностей, а именно: $N_g = 1,596$; N_p тоже несколько повышается (с 1,573 до 1,576, т. е. на 0,003)*. Описываемая белая прочная преобразенскитовая порода менее раскристаллизована по сравнению, например, с описанной выше лимонно-желтой его разновидностью. В образце имеется трещинка толщиной от 0,5 до 1,5 мм, по которой прошла интенсивная иниотизация преобразенскита. В более или менее изометрических зернах новообразованного иниота, достигающих величины 0,3 мм, сохранилось еще много остаточных (реликтовых) мелких зернышек преобразенскита, имеющих удлиненную форму с «оплавленными», сосулькоподобными окончаниями при их величине по длинной оси от 0,01 до 0,10 мм. Ясно, что близ соляного зеркала наиболее быстро иниотизация преобразенскита происходит по тем путям, по которым могут в наибольшем количестве проникать рассолы водоносного горизонта, т. е. по трещинкам в породе и, наоборот, замедляться там, где преобразенскит находится в участках галита, еще сохранившегося у соляного зеркала.

Материалы петрографо-минералогического изучения преобразенскита показывают, что он образовывался преимущественно при более высоких концентрациях рапы по сравнению с главными боратами соленосной толщи Иnderского поднятия — гидроборатом и калиборитом. Преобразенскит осаждался в существенно-сульфатной рапе при садке каменной соли, содержащей в качестве значительной примеси ангидрит, полигалит, сильвин, иногда — каинит, кизерит при ничтожной роли карналлита.

Совместно с боратом и хильгардитом преобразенскит является одним из распространенных второстепенных боратов соленосной толщи. Он вовсе не известен в породах гипсовой шляпы Иnderского поднятия. Как упоминалось, сейчас установлен процесс иниотизации преобразенскита у соляного зеркала. Дает ли он здесь еще какие-либо бораты, пока неизвестно.

Поступило
16 III 1956

* Визуальное сравнение дебаграммы данной разновидности с вышеприведенной показывает их полное сходство.

И. А. ЕФРЕМОВ

АМЕРИКАНСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ФАУНЕ
ПЕРМСКИХ ПРЕСМЫКАЮЩИХСЯ СССР

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 24 V 1956)

Новые формы пермских четвероногих, найденные в 1955 г. на территории Европейской части СССР, заслуживают освещения еще до окончания их препаровки и обработки.

В нижнем течении р. Вятки, близ города Малмыжа (пристань Горки), в конгломератовидных песчаниках белебеевской свиты (II зона) найден обломок нижней челюсти капториноморфного котилозавра, близкого к поздним капторинидам *Bothia*.

Челюсть капторинида (*Hecatogomphius kaveevi* Vjush) отличается множеством зубов на расширенном заднем отделе dentale (около 50), характерным для поздних представителей этих нижнепермских котилозавров. Фрагмент показывает более прогрессивное, чем это известно для американских капторинид, протектодонтное строение зубов основного ряда, что может указывать на более поздний геологический возраст Вятской формы. С другой стороны, *Hecatogomphius* сохраняет некоторые черты более ранних, чем *Rothia*, капторинид и является как бы промежуточным между ними и *Rothia*.

Вторая, еще более интересная находка: в глинистых песчаниках, относимых к верхам нижеустьинских слоев, на берегу р. Пинеги, близ сел. Карпогоры найдено скопление остатков пеликозавров подотряда *Edaphosauroidae*, принадлежащих к семейству казеид.

Казеиды — редкие, своеобразные представители эдафозавров, до сих пор известные только в немногих местонахождениях Северной Америки и представленные четырьмя родами: *Casea*, *Cotylorhynchus*, *Caseoides*, *Angelosaurus*. Из материала с Пинеги пока отпрепарированы два черепа и часть скелета одного вида животного. Один из черепов соответствует по величине *Casea*, другой точно отвечает средним размерам *Cotylorhynchus*. Эта находка позволяет поставить вопрос, не являются ли *Casea* и *Cotylorhynchus* лишь разновозрастными особями разных видов одного рода, отличающимися, кроме признаков видового значения (число зубов, наличие или отсутствие зубов на короноидах, длина конечностей), лишь возрастными изменениями. Диапазон последних для долго живущих и сильно выраставших архаических пресмыкающихся был несомненно велик.

Присутствие представителей *Caseidae* в Европе теперь не подлежит сомнению. Казеид с Пинеги назван Б. П. Выюшковым *Ennatosaurus tecton** в честь нашедших его Т. А. Девятой и М. А. Плотникова. Пинежская форма очень близка к нижнепермским американским *Caseidae*, но отличается более сложными зубами. Для американских форм характерны притупленные толстые зубы простой конической формы, постепенно уменьшающиеся спереди назад, числом 11—12 (в каждой стороне челюсти) для *Casea* и 20 для *Cotylorhynchus*. у *Ennatosaurus* зубы крупнее, числом в среднем 10. Два передние в области симфиза удлинены и слегка уплощены, со стреловидной коронкой и режущими боковыми гребешками. Следующие назад зубы

* *εννᾱτός* — девятый, *τεχτων* — плотник (греч.)

приобретают листовидную коронку с режущими краями и расширенной верхушкой. Верхушки коронок, начиная со второго зуба, разделены на пять зубцов, а некоторых дальнейших — на шесть. Это придает щечным зубам пинежского казеида большое сходство с зубами парейазавров, коронки которых имеют ту же выпуклую снаружи листовидную форму и отличаются лишь большим числом более крупных зубцов.

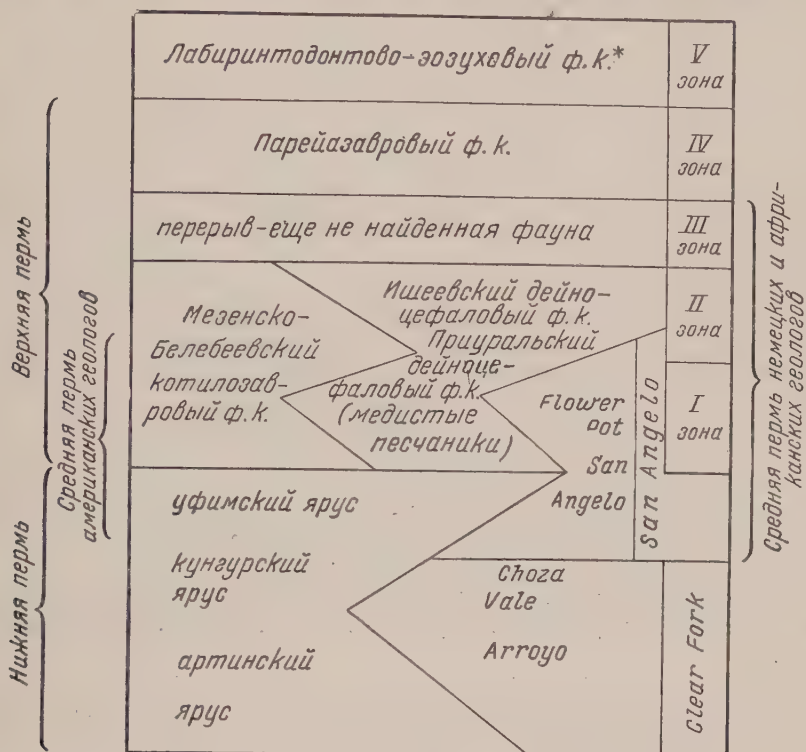
Строение черепа *Ennatosaurus* — вытянутая роstralная часть и громадные ноздри, очень сильн. озубленные гребни на птеригоидах, огромное поперечно-овальное париетальное отверстие и другие характерные черты — при предварительном рассмотрении неотличимы от типичных для *Casea*. Посткраниальный скелет, насколько можно судить по еще неотпрепарированному материалу, так же архаичен, как у нижнепермских казеид. В дальнейшем важно сопоставить *Ennatosaurus* с известными из медистых песчанников в самых древних фаунистических группировках I зоны — казеидом *Phreatophasma* и предположительными эдафозаврами — фреатозухидами. Предварительно можно установить, что, несмотря на теснейшую связь с нижнепермскими американскими казеидами, *Ennatosaurus* приобрел отсутствующее у первых усложнение зубов и поэтому должен быть несколько более поздним по ступени эволюционного развития и по геологическому возрасту. Казеиды впервые и не вполне достоверно известны из формации Або, т. е. в очень низких горизонтах нижней перми, иногда отождествляющихся с верхнекаменноугольными отложениями. Местонахождения типичного рода *Casea* находятся в средней и верхней частях серии Clear Fork, в формациях Vale и Choza. Здесь найдены три вида *Casea*, все в некоторой изоляции от других членов фауны тетрапод. Характерно прогрессирующее во времени (от вида *Casea broillii* в основании Vale и до *C. nicholsi* и *C. halselli* в Choza) укорочение костей конечностей и расширение их эпифизов. Следует отметить, что аналогичные изменения прослеживаются для эволюционных рядов дейноцефалов и парейазавров. Другой крупный род казеид *Cotylorhynchus* найден на том же стратиграфическом уровне (формация Hennessey в Оклахоме) в уникальном скоплении нескольких особей. В вышележащей серии Double Mountain в формациях San Angelo и Flower Pot, в Техасе недавно открыты казеиды: новый вид *Cotylorhynchus*, новый род *Caseoides* архаического характера и новый род — *Angelosaurus*. Последний характерен короткими конечностями и тяжелым скелетом, т. е. как бы продолжает линию развития рода *Casea*. Эти казеиды найдены вместе с крупными хищными пеликозаврами — сфенакодонтами (*Steppesaurus*, *Tarpeposaurus* и еще неназванный гигантский род со скелетом в 7 м длины — самый крупный из всех пермских рептилий). Интересен также своеобразный сфенакодонт *Dimacrodon*, приближающийся уже к терапсидной организации. Казеиды San Angelo сохраняют свой архаический облик, характерный для Clear Fork, но ни одна другая форма из фауны Clear Fork, встречаемая в тех же самых, что и *Casea*, горизонтах (сфенакодонт *Dimetrodon*, стегоцефалы *Sacops*, *Lysorophus*, *Diplocaulus*, *Trimerorhachis*), не переходит в формацию San Angelo. Вместе с казеидами в формации Сан Анджело найдены и другие архаические формы — капториноморфные котилозавры семейства *Captorhinidae*, представленными новым родом *Rothia* большим количеством нёбных зубов. Эти зубы располагаются на специальных расширениях максиллярных костей в верхней челюсти и на выростах *dentale* в нижней, очень сходных с такой же у нового вятского капторинида *Hecatotomphius*.

В залегающей выше формации Флоуэр Пот найдены те же формы. В San Angelo или Flower Pot обнаружены хищные формы с признаками стоящих терапсид, еще не описанные.

Нижняя часть серии Double Mountain — свита San Angelo (формации Сан Анджело и Флоуэр Пот) — является одним из последних этапов истории красных слоев нижней перми Северной Америки. Теперь, после новых работ Олсона, стало очевидно, что она почти смыкается с верхнепермскими красноцветами СССР и Южных материков. Вероятно, свита Сан

Сангело + Флоуэр Пот является аналогом наших уфимских слоев. С другой стороны, находки форм, очень близких к фауне San Angelo, в белебеевской свите (II зона) и в нижеустьинских слоях (зона еще неясна) указывают на возможность частичного перекрытия верхних слоев свиты San Angelo и нашей I зоны (рис. 1).

Фауна наших нижепермских местонахождений еще очень плохо известна. Гийминская свита Северного Казахстана содержит американские формы, типичные для Clear Fork (Seymouridae, Edaphosauridae, Dimetrodontidae —



* ф.к. — фаунистический комплекс

Рис. 1. Приближенные соотношения костеносных горизонтов континентальной перми СССР и США

местонахождение Терсаккан). Другое местонахождение — Инта в Коми АССР — является типичной фацией затопленных лесов карбонового типа, содержит фауну рахитомных и эмболомерных стегоцефалов, частью близких к американским Trematopsidae (Intasuchus), а также неопределимых батрахозавров и по возрасту сближается с нижепермскими аналогичными местонахождениями Зап. Европы.

Характерно, что на большом отрезке времени от Або до Double Mountain казеиды занимают в фауне подчиненное положение и в то же время сравнительно мало изменяются. Эти редкие формы безусловно занимали особую экологическую нишу, характер которой может быть в общих чертах определен по наиболее типичным чертам строения казеид. Они обладают массивным скелетом, отражающим приспособление к относительно высокоскоростному передвижению, аналогичному котилозаврам. Небольшой череп снабжен срезающими зубами, конечные стадии приспособления которых показывают полную аналогию с зубами парейазавров. Огромные орбиты, очень большое паризальное отверстие и необычайно развитые ноздри, в которых находились какие-то большие железы, — все эти черты в точности совпадают

с чертами поздних парейазавроидных котилозавров. Интересно, что самые поздние котилозавры — проколофониды — обладают похожим на ранних казеид устройством челюстей с сильно скошенным прикусом и нависающим концом морды, а также тупыми коническими зубами. Анализируя эти черты строения растительноядных котилозавров, я пришел к заключению, что они отражают приспособление к питанию мягкой растительной пищей обитавших в биотопах более наземного характера, чем те богатые животной пищей области рек и болот, в которых происходило развитие главных, ведущих родов рептилий и амфибий. Приспособление к узкой экологической нише не позволило ни казеидам, ни растительноядным котилозаврам занять господствующее положение в пермских фаунистических комплексах. Вместе с тем, это приспособление обеспечило длительное существование казеид среди адафозавров и соответственно капторинид и парейазавринов среди котилозавров, доживших до верхов перми. Постоянные спутники перечисленных форм — тоже редкие батрахозавры — доживают также до верхов перми. Вероятно, казеиды среди адафозавров, парейазавроиды и капториниды среди *Cotylosauria* (не говоря уже о чрезвычайно древних *Batrachosauria*) становятся реликтовыми формами в верхней перми (парейазавроиды — к концу перми, переходят в триас в виде проколофонид).

На территории СССР в красноцветных верхнепермских фациях батрахозавры и котилозавры разобщены с терапсидами в захоронении и составляя с ними два различных фаунистических комплекса, вернее ориктоценоза. Вопрос, насколько синхроничны разные местонахождения того и другого ориктоценоза — один из самых трудных в стратиграфии наших пермских красноцветов. Наличие архаических форм в батрахозаврово-котилозавровых комплексах, к которым теперь надо прибавить еще капторинид и реликтовых пеликозавров — казеид, весьма сближает эти комплексы с поздними американскими костеносными формациями Сан Анджело и Флоуэр Пот (см. рис. 1). Это еще раз подтверждает низкое расположение нашей континентальной верхней перми в мировом ее разрезе, что давно уже показано сравнением нашей фауны гондванских терапсид с фауной Южной Африки, Южной Америки и Индии.

Разобщение в захоронениях комплексов фауны типа американских *Red Beds* (котилозавры, батрахозавры, казеиды) и гондванской фауны терапсид, несомненно, проистекающее из различия условий существования, получит объяснение только после сравнительного тафономического анализа американских и южноафриканских захоронений. Те и другие являются дельтовыми образованиями. Однако в дельтовой области осадконакопления разнообразие фаций и типов захоронений очень велико. Мы не можем еще решить даже, какие фации являются более далекими выносами из области обитания — гондванские или *Red Beds*.

После открытия казеида *Ennatosaurus* с зубами парейазаврового типа возникает предположение, что некоторые фрагментарные остатки, определявшиеся ранее как парейазавроиды или венюковиды, принадлежат эннато-заврам, как, например, пресловутый *Rhopalodon*.

Parabradysaurus, описанный мною, с р. Камы с его характерной для парейазавроидов большой высотой нижней челюсти и акротекодонтными зубами вряд ли может быть отнесен к казеидам. Находка казеид на Пинежском подкрепляет предположения о наличии казеид (*Phreatophasma*) в фауне этой зоны — самого древнего комплекса медистых песчаников — и одновременно ставит вопрос о наличии в них фаций с архаическими комплексами, уже найденных в Белебее и на Каме.

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

А. И. НЕЦКАЯ и В. А. ИВАНОВА

ПЕРВАЯ НАХОДКА ОСТРАКОД В НИЖНЕМ КЕМБРИИ
ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

(Представлено академиком С. И. Мирновым 3 VIII 1956)

Описываемые ниже остракоды из кембрийских отложений Восточной Сибири вызывают особый интерес, так как являются первой находкой столь ранних представителей этого отряда ракообразных на территории СССР. Они были обнаружены Н. П. Суворовой и А. А. Межвилком. Первой они были найдены в афанитовом известняке в среднем течении р. Ботомы (правый приток р. Лены, в ее среднем течении). По данным Н. П. Суворовой⁽²⁾, остракоды были обнаружены совместно с брахиоподами, птероподами и комплексом трилбитов: *Olenelidae* g. sp., *Bergeroniaspis* sp., *Pagetellus tolli* n. sp., *P. lenaicus* (Toll), *Triangulaspis meglitzkii* (Toll), *Cobboldia dentata* n. sp. Три последних вида имеют наиболее широкое распространение в пермощелестовом ярусе алданского яруса, но встречаются также и в нижней части шележского яруса нижнего кембрия Сибирской платформы. А. А. Межвилком остракоды были найдены в темно-серых тонкокристаллических известняках Хараулахского хребта (устье р. Лены) совместно с массовым скоплением трилбитов. По определению Н. Е. Чернышовой, трилбиты относятся к новому виду рода *Hebediscus* Whitehouse, что дает основание предположительно считать эти известняки отложениями лено-го яруса.

Найденные остракоды представлены одним видом, принадлежащим новому роду, условно включаемому в состав сем. *Leperditiidae*.

КЛАСС CRUSTACEA

ОТРЯД OSTRACODA

Сем. LEPERDITIIDAE JONES

Род *Cambria* Neckaja et V. Ivanova gen. nov.

Тип рода — *Cambria sibirica* Neckaja et V. Ivanova sp. nov., алданский ярус, нижний кембрий, Восточная Сибирь.

Диагноз. Раковины лепердитоидного очертания, возможно равнозубчатые. На боковой стороне створок развиты два крупных бугра разной величины и формы. Они расположены в передней и задней частях раковины верхней ее половине. Между буграми наблюдается некоторое понижение поверхности створки. В переднебрюшной части раковины вдоль свободного края имеется реброобразный выступ.

Замечания. Новый род нами условно относится к сем. *Leperditiidae*. Названием для этого служит сходство очертания раковины и строения спинного края у изученных форм и у представителей названного семейства. Наличие бугров и ребер на раковинах нового рода не противоречит его включению в сем. *Leperditiidae*, так как бугры и ребра имеются и у некоторых лепердитид. Однако намечающееся расчленение створок у *Cambria* (харак-

тер понижения поверхности раковины между буграми, форма и расположение последних) по своему типу не свойственно лепердитидам и приближает к типу строения других более поздних палеозойских семейств (Tetradellidae, Drepanellidae). Эта особенность строения раковины нового рода дает основание предполагать в нем представителя другой филогенетической ветви палеозойских остракод. В силу сказанного действительное систематическое положение *Cambria* остается неясным. Оно может быть определено с достаточной точностью только после накопления более полных данных по кемерийским остракодам СССР.

Cambria sibirica Neckaia et V. Ivanova sp. nov.

Голотип — колл. ПИН АН СССР № 1117/1, р. Ботома (Восток Сибирь), алданский ярус нижнего кембрия.

Материал: 3 правых створки (колл. ПИН АН СССР № 1117/1, 1117/2, колл. ВНИГРИ № 816—1) и наружный отпечаток левой створки (колл. ПИН АН СССР № 1117/3).

Описание: Раковина лепердитоидного очертания с прямым спинным краем, несколько выгнутым вверх над задним бугром. Оба конца спинного края немного вытянуты и образуют острые ушки. Передний конец выгнут вперед, выше заднего конца, более или менее скошенного к брюшному краю. Брюшной край изогнутый. В верхней половине раковины в передней и задней частях расположены два бугра. Передний бугор вытянут несколько искосось к высоте раковины и изогнут в сторону переднего конца. Выпуклость бугра довольно равномерная, но в нижней части он наиболее высокий и широкий, а у спинного края — узкий. Задний бугор занимает почти всю заднюю часть створки (от спинного края до середины ее высоты). Форма его напоминает асимметричную пирамиду. Вершина бугра находится почти на середине высоты раковины. Склон бугра круто обрывается в сторону брюшного края и постепенно выполаживается к спинному краю. Слабое понижение створки между буграми снизу ограничено выпуклостью створки. Иногда край этой выпуклости выступает довольно резко в виде тонкого ребрышка, соединяющегося с обоими буграми. В передне-брюшной части раковины развит ребристый выступ. Он круто спадает к брюшной стороне и очень полог переднему концу. Край створок несколько утолщен. Поверхность раковины покрыта очень мелкими, тесно прилегающими друг к другу бугорками. Ее размеры в мм:

№ обр.	1117/1 (голотип)	1117/2	816—1
Длина	6,65	6,25	5,85
Высота	3,85	3,75	3,60

Замечания. *Cambria sibirica* sp. nov. была найдена только в виде порозневших створок, не отделимых от породы, поэтому не удалось решить вопроса о соотношении створок, о характере их смыкания, а также выявить особенности строения их внутренней стороны. Доступная наблюдению индивидуальная изменчивость нового вида выражается у раковин в большей или меньшей скошенности заднего конца, в длине и рельефности ребристого выступа; как особенность в сравнении с орудовикскими остракодами бири (1), можно указать тонкостенность створок у нового вида.

В строении раковины *Cambria sibirica* sp. nov. имеется много общего с раковинами *Aluta douvillei* (Mansuy), описанными первоначально в составе остатков остракод (3) из кембрия Китая. Однако род *Aluta*, по заключению Ульриха и Басслера (4), не принадлежит к остракодам, а относится к другой группе ракообразных (Conchostraca).

В настоящее время нельзя с достаточной определенностью объяснить

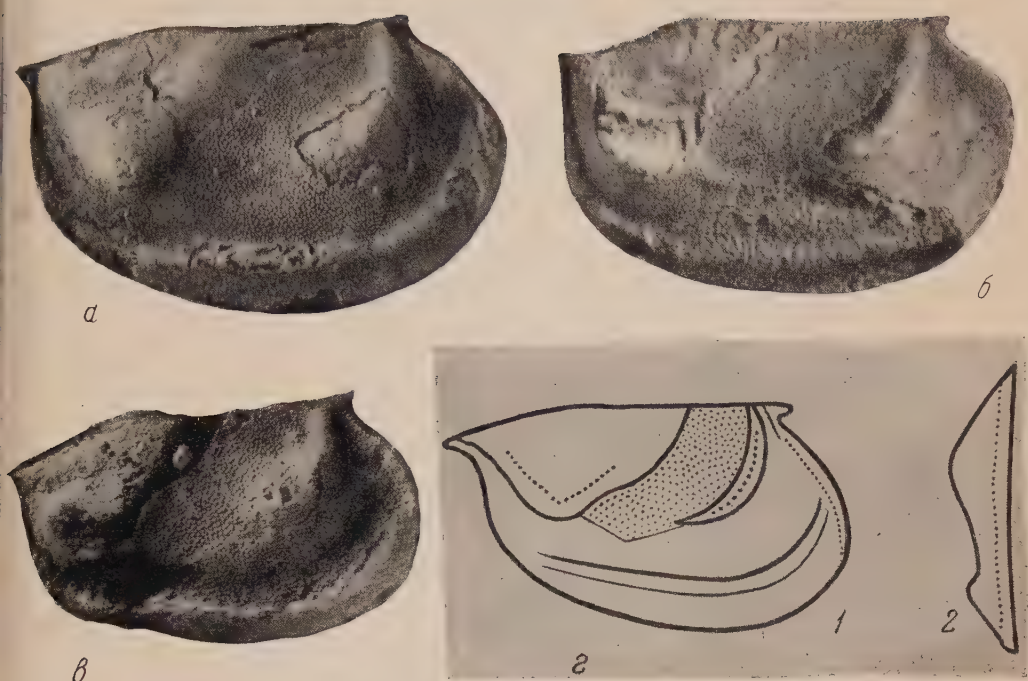


Рис. 1. *Cambria sibirica* gen. et sp. nov. *a* — правая створка сбоку, голотип; 10× (колл. ПИН АН СССР, № 1117/1); *б* — правая створка с боку; 10× (колл. ПИН АН СССР, № 1117/2); *в* — правая створка сбоку, поврежденный экземпляр; 10× (колл. ВНИГРИ, № 816—1); *г* — схематизированный рисунок правой створки раковины сбоку (1) и со стороны переднего конца (2); 7×

ль близкое сходство в общем типе строения раковин обеих форм. Можно предположить, что это сходство конвергентно. Не исключается также ошибочность определения систематического положения *Aluta douvillei* со стороны Ульриха и Басслера. Возможно, что *A. douvillei* относится к острадам и, в таком случае, является видом рода *Cambria*. Ответ на этот вопрос может быть получен только при накоплении большего фактического материала по кембрийским остракодам.

Палеонтологический институт
Академии наук СССР

Поступило
2 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. А. И в а н о в а, Отряд Ostracoda. В кн. Полевой атлас ордовикской и силурийской флоры Сибирской платформы, 1955. ² Н. П. С у в о р о в а, Вопросы геологии Азии, 1954. ³ Н. M a n s u y, Etude geologique du Ton-Nan oriental, p. 2, Paleontologie, Mem. Serv. géol. de l'Indo-Chine, 1 (1912). ⁴ E. O. U l r i c h, R. S. B a s s l e r, Proc., U. S. Nat. Mus., 78 art. 4 (1931).

Е. А. РЕЙТЛИНГЕР

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ (?) ОСТАТКИ
СЕРДОБСКОЙ СЕРИИ

(Представлено академиком Н. С. Шатским 25 VI 1956)

Описанные ниже своеобразные микроскопические образования, имеющие, по всей вероятности, органическое происхождение, были найдены в верхней части сердобской серии Рязано-Пачелмского прогиба, в районах Сердобска, Поваровки, Краснозер и Пересыпкино. Материал в виде шлифов и образцов керна был передан нам И. Е. Постниковой. Согласно ее данным, часть разреза, содержащая органические остатки, представлена доломитами, аргиллитами и песчаниками и сопоставляется с миньярской свитой Урала.

Некоторые встреченные в этих отложениях образования представляют округлые карбонатные тельца с определенной внешней формой и внутренней структурой. Они, вероятно, являются остатками одного определенного вида организма, сходного по типу строения с представителями синезеленых водорослей глоекапса. Они были найдены в шлифах из алевролитов разреза Поваровки. Другие образования, в виде своеобразных сложных структур, по-видимому, являются продуктом жизнедеятельности сложных сообществ различных организмов. По характеру своей структуры, обычно комковатой и слоистой, они весьма напоминают образования типа строматолитов и онколитов. Этот тип образований распространен в доломитовых прослоях всех вышеуказанных разрезов.

Образования, сходные с глоекапсовыми. Синезеленые водоросли *Gloeocapsa* относятся к семейству *Gloeocapsaceae* Elenkin et Hollerbach⁽¹⁾. По данным этих авторов, они представляют клетки соединенные в микроскопические колонии, реже одиночные. Клетки имеют шаровидную или эллипсоидальную форму и окружены последовательно включенными друг в друга слизистыми оболочками. Некоторые представители этого семейства обладают способностью выделять известь, образуя известковую корочку. Глоекапсовые живут в весьма различных условиях среды — в наземных, пресноводных, солоноватоводных и морских (побережье). Глоекапсовые, кроме современных, известны также из отложений силура. В последнем они были найдены М. Д. Залесским⁽²⁾ в кукурситовых сланцах Прибалтики и описаны как новый род *Gloeocapsamorpha*.

Найденные нами микроскопические карбонатные тельца по своей внешней форме, наличию оболочек и размерам, как будто, ближе всего стоят к глоекапсовым водорослям, причем к видам, способным выделять известь (хотя не исключена возможность вторичного замещения карбонатом). Однако поскольку в настоящее время нет полной уверенности их тождества, мы условно относим наши формы к семейству *Gloeocapsaceae*, выделяя их в новый род *Archaeogloeocapsa*.

Archaeogloeocapsa povarovkensis Gen. et sp. nov.

Рис. 1, 1—4.

Эллипсоидальное тельце, уплощенное на полюсах, со слабым пережимом в центре боковой поверхности. Состоит из внутренней полости (место бывше-

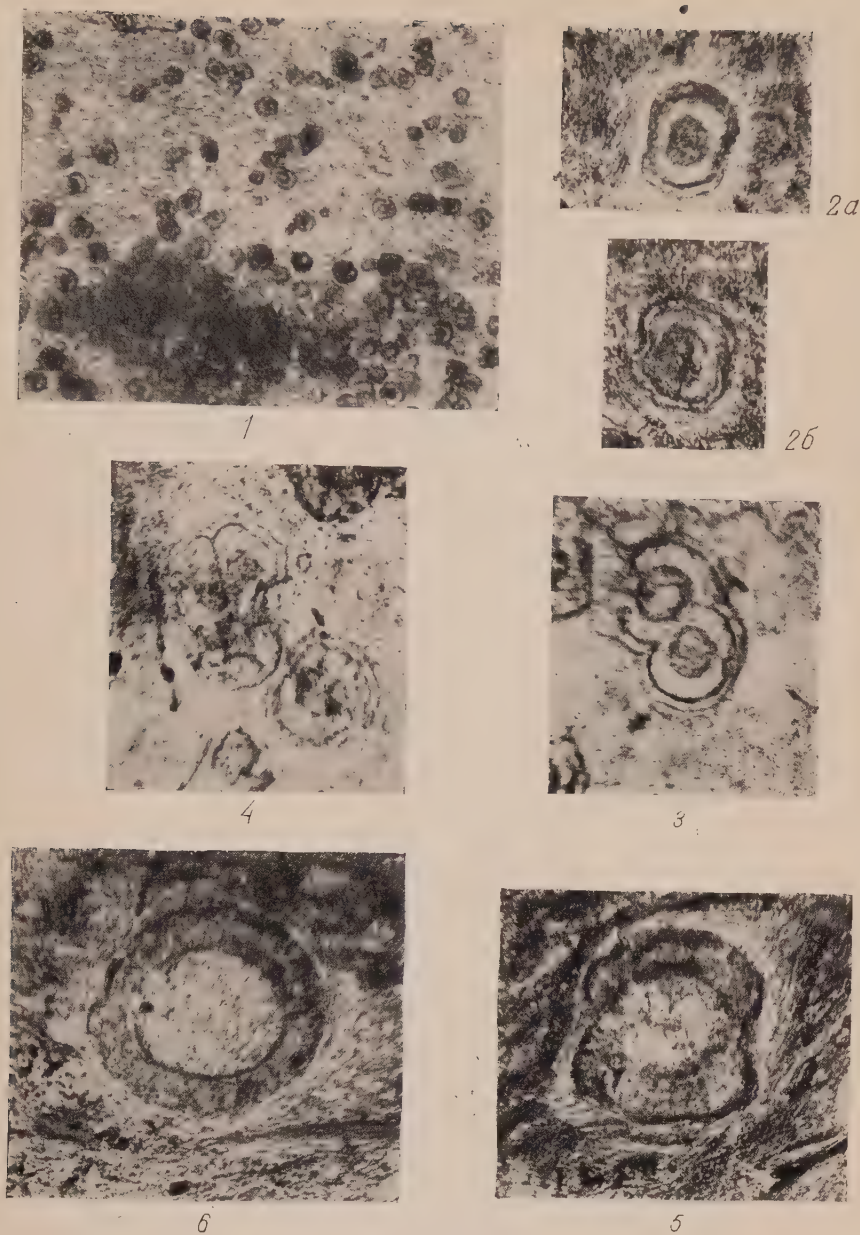


Рис. 1. Все изображения сделаны с увеличением 260X. 1 — 4 — *Archaeogloeosarca povarovkensis* sp. nov., Скважина Поваровка, глиняные алевролиты сердобского комплекса, глубина 1698 — 1704 м: 1 — общий вид скоплений, 60X; 2a и б — вид отдельных особей, генотип экз. № 1/1956; 3 — 4 — особи, объединенные внешней оболочкой; 5 и 6 — *Archaeogloeosarca* (?) *grandis* sp. nov. Там же, глубина 1740—1752 м; 5 — продольное сечение, 6 — поперечное сечение; генотип экз. № 2/1956

летки?) и двух обызвествленных неравной толщины оболочек, внутренней толстой и внешней тонкой. При большом увеличении (300—700×) тельца желтые, гомогенной стекловатой текстуры. В скрещенных николях имеют волнистое погасание, цвета интерференции — характерные для карбонатов. Встречаются обычно одиночно, реже две или три особи соединены общей внешней оболочкой (рис. 1, 3 и 4). Образуют скопления, возможно, при жизни объединявшиеся слизистой оболочкой. Величина телец по наибольшему измерению 56—62 м, по наименьшему 37—42 м. Величина образований, состоящих из двух телец, равна 80 м, из трех — 99 м. Диаметр внутренней полости 18—24 м. Толщина внутренней оболочки равна около 12 м, внешней около 6 м.

Местонахождение: Скважина Поваровка, глинистые алевролиты сердобского комплекса в интервале глубин 1698—1716 м.

Голотип обр. №1/1956, хранится в Геол. Инст. АН СССР.

Archaeogloeocapsa (?) grandis sp. nov.

Рис. 1, 5 и 6.

Округлые тельца с пережимом в средней части боковой поверхности состоят из центральной полости (более светлой в шлифах), окруженной толстой неясно зернистой оболочкой (более темная в шлифах). Оболочка карбонатная; в скрещенных николях погасает одновременно, но обычно независимо от центральной полости. Встречались формы только одиночные.

Размеры телец 100—130 м; диаметр внутренней полости около 80 м; толщина оболочки 24 м.

Сравнение. Отличается от *Archaeogloeocapsa povarovkensis* наличием только одной оболочки, ее строением и значительно более крупными размерами; возможно, представляет остатки другого рода организма.

Местонахождение: Скважина Поваровка, глинистые алевролиты на глубине 1740—1752 м.

Голотип обр. № 2/1956, хранится в Геологическом Институте АН СССР.

Образования типа фитолигов. Как указывалось выше, в доломитовых прослоях сердобской серии были встречены образования, сходные со структурами строматолитов и онколитов. Главную роль в определении строматолитовых образований играет их внешняя форма^(4,6). Определение строматолитов вообще очень затруднительно, так как последние представляют продукт жизнедеятельности ценоза различных видов и родов синезеленых водорослей (и даже других организмов), к которым нередко применяется механически осаждающаяся муть. Особенно трудно, или, с точки зрения современных классификаций, совсем невозможно, определение фитолигов в керне, где мы имеем дело обычно с очень небольшим участком их тела. Согласно с этим можно пока только условно говорить о близости найденных нами в шлифах структур к известным в настоящее время типам строматолитов и онколитов.

Встреченные в шлифах сердобского комплекса фитолитовые образования подразделяются по микроструктуре на три главных типа: 1) горизонтально-слоистые, 2) сгустково-комковатые и 3) концентрически-слоистые или оолиговидные.

1. Горизонтально-слоистые образования имеют четко выраженную слоистость, образованную чередованием слоев или полос различной толщины и текстуры. Среди них выделяются: а) структуры простые — чередование полос различной толщины, но близкой текстуры; б) сложные — полосы геодинаковой толщины и резко различной текстуры (например, — различного типа зернистости, стекловато-лучистые и сгустково-комковатые). Первые (а) могли бы принадлежать к строматолитам типа *Collenia*, вторые б) — к типу *Picnostroma*.

2. Сгустково-комковатые образования в изученных образцах также представлены разнообразными типами структур. Здесь выделяются: а) однород-

ные микросгустковые, б) однородные, состоящие из округлых комочков в) неоднородные сгустково-комковатые, состоящие из различной формы и текстуры сгустков и комочков, очень напоминающие образования типа Katangasia и Nubecularites, описанные В. П. Масловым⁽³⁾, из кембрийских и силурийских отложений Сибири; г) специфические комковатые структуры из округлых и овальных комочков со светлыми оболочками.

3. Концентрически слоистые образования: а) образованы концентрическими слоями неравной толщины, но близкой текстуре; одни из них напоминают образования типа Osagia, другие своеобразны; б) образования, состоящие из большого ядра, окаймленного тонкими мелко-волнистыми оболочками различной текстуры (темные микрозернистые и светлые стекловато-лучистые). Вероятно, также принадлежат к особому виду осагий.

Все эти указанные структуры очень своеобразны и, несомненно, заслуживают дальнейшего детального изучения и описания.

Поступило
21 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

М. М. Голлербах, Е. К. Косинская, В. И. Пелянский, Определитель пресноводных водорослей СССР, в. 2, 1953. ² М. Д. Залесский, Изв. АН СССР, VI, сер. № 1 (1917). ³ В. П. Маслов, Пробл. палеонт. 2—3, этюд V и VI (1937). ⁴ В. П. Маслов, Изв. АН СССР, сер. геол. № 4 (1953). ⁵ И. Е. Постионов, Автореферат диссертации, ВНИИ, М., 1955. ⁶ Cloud, E. Preston, Ann. J. Sci., 240, № 5 (1942).

Н. П. СУВорова

РОД *LERMONTOVIA* В НИЖНЕМ КЕМБРИИ СИБИРИ
И СРЕДНЕЙ АЗИИ (ТРИЛОБИТЫ)

(Представлено академиком С. И. Мироновым 3 VIII 1956)

Изучение трилобитов кембрия Сибирской платформы за последние годы позволило не только выявить новые роды и виды, но и сделать ревизию уже существующих систематических единиц. В нижнем кембрии Сибири, как всего мира, широко известен род *Protolenus*, именем которого названа зона. В настоящее время в Сибири, в практике геологических и палеонтологических исследований термин «зона *Protolenus*» почти не употребляется, поскольку доказано, что эта «зона» соответствует двум ярусам, — всему ленокскому ярусу и верхней части алданского яруса (3). Пересмотрен также род *Protolenus* Сибири; результатам этого пересмотра и посвящается данная статья.

Род *Protolenus* был впервые выделен Меттью (Matthew) в 1892 г. в Восточной Канаде (10). Впоследствии этот род был указан в Англии (5), в ю.-в. Польше (Свентокшишские горы) (6), в ю.-з. Польше (15), в Северной Корее (4), в Марокко (12), в Андалузии (13) и в Сибири (1,2). Роду *Protolenus* Меттью дал следующую характеристику: «Головной щит полуокруглый, умеренно выпуклый, с подвижными щеками, продолженными в щечные шипы. Средняя часть головного щита почти квадратная. Передний край щита широкий, узкой четкой каймой. Глабель коническая или цилиндрическо-коническая, вздутая, с боковыми бороздами; отделена от затылочного кольца четкой бороздой. Неподвижные щеки различной ширины, окаймленные длинными глазными крышками. Дорзальные швы (лицевые швы — Н. С.) впереди позади глаз почти перпендикулярны наружному краю головного щита. Подвижные щеки правильно изогнуты; щечный шип обычно длинный. Туловище многочленисто; плевры бороздчатые, коленчато-изогнутые, с шипами дистальной части. Пигидий канадских видов неизвестен (маленький?)» (10).

Типичного вида для рода *Protolenus* Маттью не указал. При описании двух видов этого рода, *P. elegans* и *P. paradoxoides* первым стоял *P. elegans*. Но в статье 1895 г. (11) вид *P. elegans* был отнесен автором к новому выделенному им подроду *Bergeronia*; вид *P. paradoxoides*, таким образом, остался характерным для рода *Protolenus* «в узком смысле». Лейк (9) полагал, что в качестве типичного вида рода *Protolenus* надо признать *Pelegans*, поскольку этот вид описан первым. Большинство же авторов (2, 8, 13) считает типом рода вид *P. paradoxoides*, следуя выбору, сделанному автором рода в 1895 г. и присоединяясь к этой же точке зрения. Вид *P. paradoxoides*, изображение которого взято из работы Маттью 1892 г., приведен на рис. 1.

Из-за незнания типичного вида и недостаточного количества фактического материала до 40-х годов нашего века род *Protolenus* понимался широко. И тем-то и объясняется факт нахождения остатков рода *Protolenus* во многих местах земного шара. Постепенное накопление материала по протоленидам привело к тому, что объем рода *Protolenus* стали ограничивать, выделяя различных его представителей в новые роды. Так, например, в ю.-з. Польше в Англии он был переименован в род *Lusatiops*, Richter, 1941 г. (13), в Анда-

лузии — *Rincoria* Hupe, 1952 (7), в Марокко — *Hamatolenus* Hupe 1952 (7), в Северной Корее — *Coreolenus* Hupe 1952 (7), в Сибири — *Bergeroniella* Lermontova, 1940 (1,2), *Bergeroniopsis* Lermontova, 1951 (2). Этим сам

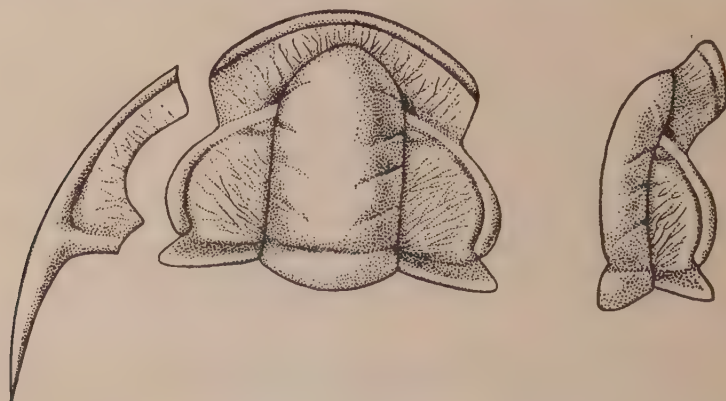


Рис. 1. *Protolenus paradoxoides* Matthew, 1,5X, Нью-Брансуик, Восточная Канада

существование типичных представителей рода *Protolenus* в Европе, Африке и Азии поставлено под сомнение. К сожалению, нам неизвестны представители

рода *Protolenus* из Свентокшинских гор Польши, названия которых опубликованы Чарноцким (1), а описания и изображения не приведены.

Е. В. Лермонтова (1) указала, что в Сибири имеются типичные представители рода *Protolenus*; подробная характеристика этого рода и описания его двух видов были даны ею в работе (2).

Сопоставление сибирских представителей рода «*Protolenus*» (рис. 3, А—Г), а также среднеазиатского вида этого рода (рис. 3, Д), экземпляры которого были мне любезно переданы Н. Е. Чернышевой, с типичным видом рода *Protolenus* *P. paradoxoides* (рис. 1), позволяет увидеть между ними четкие различия. Наши представители рода отличаются от *P. paradoxoides* рядом существенных черт строения: формой глabeли, имеющей тенденцию к расширению (за исключением среднеазиатского вида), более широкими неподвижными щеками, в большинстве случаев более широ-

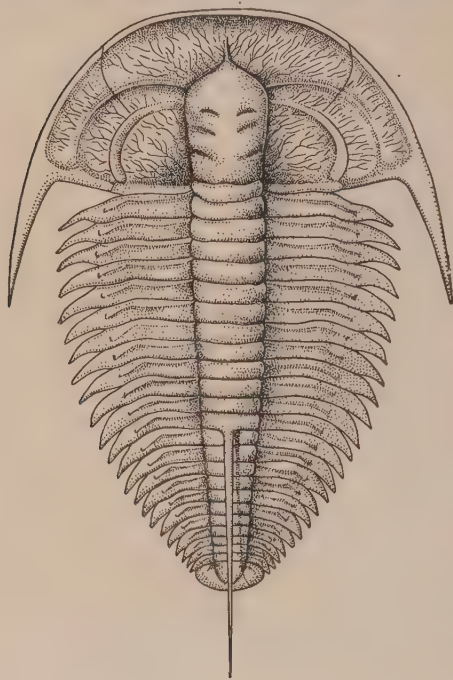


Рис. 2. *Lermontovia dzevanovskii* (Lerm.) 1,5X, Север Сибирской платформы

ким лимбом и сильнее расходящимися передними ветвями лицевых швов. Туловище у наиболее распространенного вида — «*P.*» *dzevanovskii* и, по видимому, «*P.*» *grandis* состоит из большого количества сегментов (20—22), причем один из средних сегментов несет осевую иглу, как у некоторых редлихийд и оленеллид. Перечисленные отличия не допускают объединения этих протоленид в род *Protolenus*. Мы считаем необходимым отнести их к новому роду, для которого предлагаем название *Lermontovia* в честь

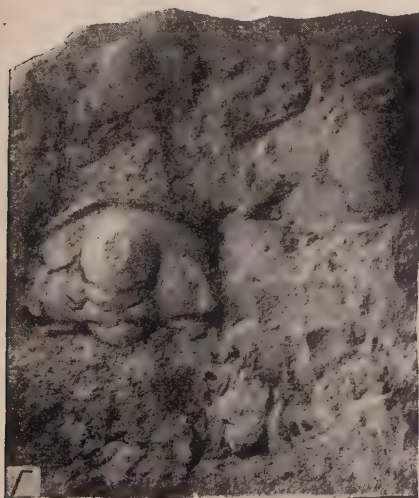
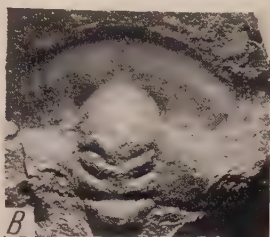


Рис. 3. А — *Lermontovia dzevanovskii* (Lerm.), 1,5×, Север Сибирской платформы; Б—*L. grandis* (Lerm.), 1×, Север Сибирской платформы; В—*L. lenaica* sp. nov., 1×, р. Лена, среднее течение, д. Еланка; Г — *L. convexa* sp. nov., 1×, Север Сибирской платформы; Д — *L. turkestanica* sp. nov., 1,3×, Средняя Азия, Туркестанский хребет

Е. В. Лермонтовой, впервые монографически описавшей этих трилобитов. Отличия рода *Lermontovia* от других, перечисленных выше родов настолько существенны, что заставляют нас объединить его представителей в отдельное подсемейство *Lermontoviinae*. Интересно, что представители этого подсемейства в Сибири занимают иной ареал распространения, чем остальные протолениды, и в области распространения последних они встречаются в небольших количествах. Ниже приводим характеристику выделенных нами систематических категорий.

Сем. PROTOLENIDAE RICHTER R. et E., 1948

Подсем. *Lermontoviinae* Suvorova, 1956

Типичный род — *Lermontovia* Suvorova, 1956.

Диагноз. Осевая часть спинного щита узкая, плевроальная — широкая. Неподвижные щеки широкие, свободные — узкие. Глазные крышки узкие. Лицевые швы отстоят далеко от спинных борозд. Туловище состоит из большого количества сегментов (20—23); коленчатый перегиб очень слабый; на одном из задних сегментов иногда имеется осевая игла.

Объем подсемейства — *Lermontovia* Suvorova, 1956, *Rinconia* Hüré, 1952.

Геологический возраст и географическое распространение: Нижний кембрий, ленский ярус, Сибирь, Средняя Азия, Андалузия.

Род *Lermontovia* Suvorova, 1956

Типичный вид — *Lermontovia dzevanovskii* (Lerm.)

Диагноз. Глабель, расширяющаяся впереди или цилиндрическая. Борозды глабели, кроме передней пары, четкие, с тенденцией соединения посредине. Затылочный шип отсутствует. Фронтальный лимб широкий, реже узкий, иногда с валиком на нем. Передняя краевая кайма узкая, в виде перегиба поверхности. Передние ветви лицевых швов расходящиеся. Пигидий широкий, треугольный, с крупным треугольным рахисом. Размеры крупные.

Сравнение: Род *Lermontovia* наиболее близок к роду *Rinconia* Hüré, 1952 (?) из Андалузии по соотношению осевой и плевроальной частей, наличию широких неподвижных щек, но отличается более крупными размерами, формой глабели, четкой ее сегментацией, отсутствием затылочного шипа.

Объем рода — *L. dzevanovskii* (Lerm., 1951) (2), *L. grandis* (Lerm., 1951) (2), *L. lenaica* Suvorova, 1956 (4), *L. convexa* Suvorova, 1956 (4) *L. (?) clavata* (Lerm., 1951) (2), *L. turkestanica* sp. nov.

Геологический возраст и географическое распространение: Нижний кембрий, ленский ярус, Якутия, Средняя Азия.

Lermontovia lenaica Suvorova, 1956.

рис. 3, В

Голотип: кранидий, колл. ПИН № 496/1, сборы Н. П. Суворовой, 1948.

Диагноз. Кранидий квадратного очертания с сильно изогнутым фронтальным краем. Глабель удлинённая, расширенная впереди или почти цилиндрическая, слегка приостренная во фронтальной части. Фронтальный лимб широкий, выпуклый с поперечным шнуровидным валиком, параллельным глазным валикам. Передние ветви лицевых швов сильно расходящиеся.

Геологический возраст и географическое распространение: ленский ярус, еланский горизонт. Бассейн среднего течения р. Лены.

Lermontovia convexa Suvорова, 1956.
рис. 3, Г

Голотип: кранидий, колл. ПИН № 501/7а, сборы Д. К. Александрова.

Д и а г н о з. Кранидий широкий, выпуклый, с сильно изогнутым фронтальным краем. Глабель короткая, сильно вздутая, расширенная впереди, с округлым фронтальным краем. Фронтальный лимб узкий, без шнуровидного валика, выпуклый. Передние ветви лицевых швов слабо расходящиеся.

Геологический возраст и географическое распространение: ленский ярус, верхи. Север Сибирской платформы.

Lermontovia turkestanica, sp. nov.
рис. 3, Д

Голотип: полный экземпляр, колл. ПИН, № 1151/1, сборы З. В. Сидоренко, 1948.

Д и а г н о з. Кранидий широкий. Глабель цилиндрическая, слегка приостренная во фронтальной части. Фронтальный лимб широкий, выпуклый со шнуровидным валиком, параллельным глазным валикам. Передние ветви лицевых швов умеренно и сильно расходящиеся. Около 20 туловищных сегментов.

Геологический возраст и географическое распространение: ленский ярус Средней Азии (Туркестанский хребет).

Выделение рода *Lermontovia* из рода *Protolenus* приводит к выводу, что в Сибири типичные представители рода *Protolenus* пока неизвестны. Наиболее близкими к типичному виду рода *Protolenus* являются древние виды рода *Bergeroniellus*—*B. gurarii* Suv. (⁴) и *B. spinosus* Lerm. (^{2,4})—по форме глабели и строению передней краевой каймы, но отличаются они отсутствием билевальных валиков и сильнее расходящимися передними ветвями лицевых швов. Возможно, к роду *Protolenus* относятся кранидии из нижнего кембрия Горного Алтая (колл. О. К. Полетаевой), но недостаточное количество материала и плохая его сохранность не позволяют об этом более определенно.

Палеонтологический институт
Академии наук СССР

Поступило
2 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. В. Лермонтова, Трилобиты. В атласе руководящих форм, 1, Кембрий, 1940.
Е. В. Лермонтова, Нижнекембрийские трилобиты и брахиоподы Вост. Сибири, 1951. ² Н. П. Суворова, Вопросы геологии Азии, 1, 1954, — ⁴ Н. П. Суворова, Тр. ПИН, 63, (1956). ⁵ E. S. Cobbold, Quart. J. Geol. Soc., London, 66 (1910).
⁶ Y. Czarnozski, Bull. Serv. Geol. Pologne, 4 (1927). ⁷ P. Hupé, Notes et Met. Serv. Geol. Maroc, № 103 (1952). ⁸ P. Hupé, Ann. Paleont., 39 (1953). ⁹ P. H. Lake, Palaeont. Soc., 86 (1932). ¹⁰ G. F. Matthew, Bull. Nat. Hist. Soc. New Brunswick, 3, № 10 (1892). ¹¹ G. F. Matthew, Trans. New-York Acad. Sci., 14 (1895).
¹² L. Neltner, Notes et Mem. Serv. M. Carte geol. Maroc, № 42 (1938). ¹³ R. et E. Richter, Senckenberg. Naturforsch. Ges., № 455 (1941). ¹⁴ K. Saito, Japan. J. Geol. Soc., 10 (1933). ¹⁵ M. Schwarzbach, Zbl. Min. Geol. Palaeont., Abt. B., № 9 (1932).

Л. Д. МАРЦИНКЕВИЧ

РАЗВИТИЕ И ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛАСТИЧЕСКОЙ СТРОМЫ КОЖИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 18 VIII 1956)

В нашу задачу входило сравнительноанатомическое исследование развития волокнистых структур кожи млекопитающих, относительно которого в литературе до настоящего времени нет единого мнения. Часть исследователей исходит из признания образования эластических волокон из цитоплазмы фибробластов. Другие отрицают такой путь развития, производя эластические волокна из уже существующих волокон, о природе которых, в свою очередь, имеются различные суждения. В настоящее время известен ряд патолого-анатомических исследований, посвященных возрастным изменениям волокон соединительной ткани (³⁻⁵). З. С. Володина (¹) изучала возрастные изменения клеточных элементов. Однако эти работы не касаются процесса образования волокнистых структур.

Материалом для настоящей работы служили: соединительная ткань кожи живота и лба эмбрионов человека (от 2,5 до 8 месяцев) и детей (от новорожденных до 13-летнего возраста), кожа живота и спины взрослых крыс и крысят различного возраста, кожа спины взрослой белой мыши в норме и на разных стадиях репаративной регенерации. Материал фиксировался в спирте с формалином, в смеси сулемы с уксусной кислотой и в 12%-м формалине для пленок по Ясвоину. Целоидиновые и парафин-целоидиновые срезы окрашивались по Маллори, резорцин-фуксином с подкраской гематоксилинхитрон и без нее, а также импрегнировались серебром по Мареш-Бильшовскому.

У эмбриона человека 2,5 месяцев кожа содержит молодую соединительную ткань. Ее рыхло расположенные фибробласты имеют тонкие длинные отростки, на пленках по Ясвоину фибробласты уже биплазматичны. В дерме присутствуют и блуждающие элементы. Среди соединительнотканых клеток часты митозы. Импрегнация серебром выявляет на этой стадии нежную аргирофильную сеточку. Резорцинфуксин совершенно не окрашивает препарат, что свидетельствует о полном отсутствии в соединительной ткани эластического вещества. Деления дермы на сосочковый и сетчатый слои в этот период еще не наблюдается. Появление различий между этими слоями можно отметить у эмбрионов около 4,5 месяцев в коже лба. Количество основного вещества к этому времени резко возрастает, волокна становятся толще, особенно на месте будущего сетчатого слоя, и образуют более густую сеть, чем в сосочковом слое. Клеточные элементы к этому времени маскируются основным веществом и не являются преобладающей частью соединительной ткани, как ранее. Толстые волокна будущего сетчатого слоя при серебрении имеют более светлый тон по сравнению с преколлагеновыми волокнами, по этому признаку можно предполагать начало превращения преколлагеновых волокон в коллагеновые в коже лба у эмбриона в 4—4,5 месяца. Одновременно с этим препараты начинают окрашиваться резорцин-фуксином. Правда, окраска еще бледная, нечеткая, но тем не менее ее следует рассматривать как свидетельство появления красочной реакции на

эластическое вещество, которое в этот период еще не имеет характерной морфологии эластических волокон. Таким образом, в это время (4—4,5 месяца) волокна соединительной ткани обладают амфотерными свойствами. Такая картина наблюдается в коже лба, в то время как дерма живота еще не окрашивается резорцин-фуксином и не обнаруживает деления на сетчатый и сосочковый слой.

С возрастом количество основного вещества в соединительной ткани увеличивается, волокна располагаются плотнее. На пленках по Ясвину у 6-месячного эмбриона можно проследить изменения в морфологии фибробластов. Если на ранних стадиях фибробласты имели распластannую, отростчатую форму с большим количеством эктоплазмы, то к 6 месяцам большинство фибробластов уменьшается в объеме за счет уменьшения эктоплазмы. Количество митотически делящихся клеток в этом возрасте резко уменьшается. К 6 месяцам утробной жизни дифференциация волокон на коллагеновые и эластические становится четкой. На препаратах, окрашенных резорцин-фуксином с подкраской лихтергюн оба вида волокон выявляются одновременно. При этом между ними существует тесная пространственная связь — они всегда сопутствуют друг другу. Сетчатый слой дермы у 6-месячного эмбриона уже сформирован и состоит из довольно толстых коллагеновых пучков, образующих сеть. К ним плотно прилежат параллельно идущие эластические волокна. Такое соотношение наблюдается и на продольных и на поперечных срезах волокон. Клеточные элементы расположены в щелях между пучками волокон, имеют распластannую форму. В сетчатом слое это главным образом фибробласты; в сосочковом слое клеток больше, состав их более разнобразен. К 6 месяцам аргирофильные волокна остаются только вокруг корней волоса, зачатков желез и в области базальной мембраны эпидермиса.

В последующие месяцы эмбриогенеза развитие соединительной ткани кожи идет по пути утолщения сетчатого слоя, увеличения количества волокон, сопровождающегося уплотнением соединительной ткани. При этом клеточные элементы в такой степени сдавливаются, что не всегда удается определить их природу. Вместе с количественными изменениями в основном веществе намечаются изменения в расположении коллагеновых и эластических волокон, которые совершенно четко проявляются в дерме ребенка в первые два года жизни. Они состоят в том, что эластические волокна в большинстве своем уже не сопутствуют коллагеновым, а образуют самостоятельную сеть. Волокна эластической сети находятся в натянутом состоянии и всегда имеют прямое расположение, в то время как коллагеновые пучки имеют извитой ход, образуют петли, изгибы. Эластические волокна дермы приобретают характерный вид, специфический для этого типа волокон: они не образуют пучков, имеют на всем протяжении одинаковый диаметр, истончаясь лишь в сосочковом слое; характерно ветвятся, образуя в месте разветвления расширения, площадки.

С возрастом толщина сетчатого слоя кожи все возрастает, соединительная ткань становится еще более плотной, но увеличение основного вещества в этот период происходит главным образом за счет увеличения и утолщения коллагеновых волокон, а количество эластических волокон и их характер в течение первого десятилетия испытывают незначительные изменения.

Эластические волокна при переходе в сосочковый слой истончаются и образуют около эпидермиса разветвления в виде кисточек. Отдельные тончайшие волокна этих разветвлений подходят к базальной мембране и сливаются с ней.

Согласно наблюдениям ряда авторов (4,5), волокнистые структуры кожи испытывают глубокие изменения в течение всей жизни человека.

У исследованных нами млекопитающих (белая мышь, белая крыса) кожа сохраняет общий план строения, хотя и варьирует в деталях. Количество эластических волокон в дерме очень незначительно, по сравнению с человеком. Появление эластических волокон у крысят наблюдается лишь

концу 1-й недели жизни. Дерма 3-дневного крысенка состоит из большого количества отростчатых клеток, в основном фибробластов, и сети преколлагеновых волокон, которые не окрашиваются резорцин-фуксином. Позднее (день) на поверхности отростчатых фибробластов выявляются тончайшие эластические волокна. Их количество, характер расположения совершенно иные, чем у аргирофильных волокон, и возможность какой-либо идентификации этих двух видов волокон у крыс совершенно исключается. Количество эластических волокон с возрастом увеличивается, и у 2-недельного крысенка они хорошо выявляются при окраске резорцин-фуксином. Некоторое число их еще расположено на поверхности клеток. В этом возрасте методом серебрения четко выявляются также коллагеновые волокна.

При заживлении кожных ран у белой мыши наблюдается восстановление эластической стромы путем новообразования эластических волокон, роста старых эластических волокон наблюдать не удалось.

Образование новых эластических волокон происходит на 8-дневной стадии заживления раны. Этот процесс происходит, как и в нормально заживающей соединительной ткани белой крысы, всегда при непосредственном участии фибробластов, т. е. эктоплазматическим путем. Тончайшие эластические волокна, появляющиеся на поверхности фибробластов, сразу окрашиваются резорцин-фуксином и не проявляют свойства к серебру.

В противоположность этому, в соединительной ткани человека эластические волокна не закладываются сразу в виде дефинитивных волокон, имеющих у ребенка после рождения, а проходят ряд постепенных ступеней развития, что, очевидно, и объясняет трудности в наблюдении появления первых эластических волокон.

В период, когда резорцин-фуксин начинает диффузно окрашивать волокна соединительной ткани, эластическое вещество еще не имеет морфологии, характерной для эластических волокон, но в то же время уже не снабжает каких-либо пространственных связей с фибробластами. Очевидно, эластическое вещество продуцируется не в виде сформированных волокон, в какой-то иной форме, которая на ранней стадии не обладает характерной расочной реакцией.

Позднее (4—4,5 мес.) волокна приобретают способность окрашиваться резорцин-фуксином, сохраняя одновременно и способность черниться серебром. Правда, при этом импрегнированные волокна имеют более светлый тон, чем преколлагеновые на ранних стадиях, но, тем не менее, еще не могут быть названы коллагеновыми (волокна с амфотерными свойствами).

С возрастом (5 мес.) резорцин-фуксин перестает диффузно окрашивать участки волокон и начинает выявлять тонкие эластические волокна, расположенные на поверхности более толстых коллагеновых. Лишь к 6 месяцам эмбриональной жизни появляется четкое разделение волокон соединительной ткани на эластические и коллагеновые. При этом оба вида волокон располагаются параллельно друг другу. Эти процессы происходят в коже живота и живота не одновременно; в соединительной ткани живота всегда наблюдается значительное отставание формообразовательных процессов.

Эластические волокна у 6-месячного плода еще не имеют характерной структуры, которые появляются лишь после рождения. В первые два дня после рождения меняется и взаиморасположение эластических и коллагеновых волокон, которые образуют две пространственно независимые системы, хотя всегда остается известное количество волокон, расположенных параллельно друг другу.

У других представителей млекопитающих (белая крыса, белая мышь) эластические волокна образуются в непосредственной связи с фибробластами, на их поверхности, сразу проявляя характерные тинкториальные свойства. В это же время выявляются преколлагеновые волокна как самостоятельная, не связанная в своем развитии с эластическими, система волокон.

Таким образом, изучение взятого материала позволяет предположить наличие различного способа развития эластических волокон. Разумеется для окончательного подтверждения этого предположения необходимо более широкое изучение эластической стромы у различных животных и в различных органах, но это предположение вполне вероятно, так как ведущим основным механическим элементом соединительной ткани являются коллагеновые волокна, а эластические волокна, появившиеся позднее коллагеновых и в филогенезе, выполняют вспомогательную роль⁽²⁾, проявляющуюся в различных органах с разной интенсивностью, что вполне согласуется с неодинаковыми сроками появления эластических волокон у различных животных.

Ленинградский педиатрический
медицинский институт

Поступило
3 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ З. С. Володина, ДАН, 99, № 6 (1954). ² А. А. Заварзин, Избранные труды, 4, Изд. АН СССР, 1953. ³ А. В. Ильина, Вестн. венерол. и дерматол., № 1 (1938). ⁴ Г. В. Орловская, Арх. патол. 11, № 6 (1949). ⁵ А. В. Русаков, К физиологии и патологии тканей внутренней среды, 1954. ⁶ G. Jasswoin, Zs. micr. anat. Forsch., 15 (1928).

Г. Г. ТИНЯКОВ

К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ВОЛОСА У СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенем 17 VII 1956)

Исследуя развитие кожи у крупного рогатого скота и микроструктуру различных участков кожи взрослых животных крупного рогатого скота, а также изучая развитие и строение кожи других сельскохозяйственных животных (свинья, овца, лошадь, yak, верблюд, северный олень, косуля и др.), мы получили следующие материалы о закономерностях развития волоса.

Почти во всех участках кожи коровы в эпидермисе обнаруживаются три наружных слоя — роговой, блестящий и зернистый, глубже расположен слой цилиндрических клеток. В некоторых случаях нам удалось проследить, что все эти слои имеют непосредственное продолжение и в стенках корневого мешка волоса. При этом оказывается, что внутреннее эпителиальное влагалище проходит вдоль всего корневого мешка вплоть до эпидермиса кожи, а не до уровня места впадения сальных желез, как принято считать для корневых мешков всех животных. Легко было установить, что в таких случаях тонкий слой роговых чешуек эпидермиса, переходящий в стенку корневого мешка, становится не чем иным, как кутикулой внутреннего эпителиального влагалища. Следующий за ним блестящий слой превращается в ороговевший слой эксли, а еще глубже лежащий зернистый слой, обычно состоящий из одного ряда веретеновидных клеток, становится слоем Генле (рис. 1, 4).

Развивающийся волосной фолликул вначале обладает тупым вальным кончиком. В глубине кожи в этот тупой кончик начинает вращаться соединительнотканый сосочек с питающими кровеносными сосудами. Кончик фолликула впячивается внутрь, происходит своего рода выворачивание корневого мешка (рис. 1). Поскольку в этой впяченной концевой части корневого мешка располагается соединительнотканый сосочек с кровеносными сосудами, то лежащие вокруг него эпителиальные клетки начинают усиленно питаться и делиться. Наступает усиленное размножение клеток эпителия луковицы. Но поскольку клетки разных слоев уже детерминированы, то и в своем развитии они дают разнокачественные слои как в самом стержне волоса, так и в стенках внутреннего эпителиального влагалища.

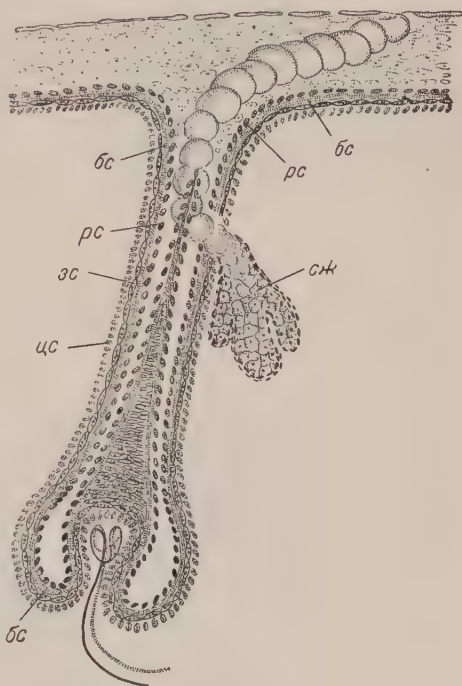


Рис. 1. Схема расположения клеточных слоев в процессе развития волоса. Наверху канал фолликула, формирующийся в связи с развитием сальной железы: *рс* — роговой слой (кутикула), *бс* — блестящий слой (слой Гексли), *зс* — зернистый слой (слой Генле), *цс* — цилиндрический слой (наружное эпителиальное влагалище), *сж* — сальные железы

Если соединительнотканый сосочек крупный, то над ним располагается широкое плато эпителиальных клеток. Из них клетки цилиндрического слоя усиленно делятся и дают обильный материал для образования слоя зернистых клеток. Последние, располагаясь более или менее параллельно поверхности кожи, дают толстый пористый слой мозгового вещества в крупных остиевых волосах (рис. 2 и 3).

Иную роль играют боковые уплощенные клетки, дифференцированные в сторону образования блестящего слоя. Расположение их, в основном, перпендикулярное поверхности кожи, и так как они составляют в общей сложности два-три ряда клеток и располагаются более поверхностно, то их рост в луковице дает более поверхностный, более тонкий и плотный слой коркового вещества стержня волоса. Поскольку «роговой» слой эпидермиса получает здесь поверхностное расположение, то и на стержне волоса в процессе выпячивания корневого мешка он остается самым наружным, однослойным кутикулярным слоем. Так происходит образование слоев стержня остиевого волоса или преобразование клеток корневого мешка в его вывернутой во внутрь и растущей части, которую мы и именуем волосом.

Иную судьбу претерпевают клетки невывернутой части стенок волосяного фолликула. Они остаются в более бедных условиях питания, поэтому быстро подвергаются ороговеванию за исключением производящего наружного цилиндрического слоя. Самый внутренний роговой слой превращается здесь в кутикулу корневого влагалища, которая, как известно, непосредственно соприкасается с кутикулой стержневой части корня волоса. Глубже лежащий блестящий слой становится ороговевшим слоем Гексли, а слой зернистых, веретенновидных клеток становится слоем Генле внутреннего эпителиального влагалища (рис. 2 и 4). Самый наружный слой цилиндрических живых клеток становится стенкой наружного эпителиального влагалища. Ближе к поверхности кожи этот слой производит большое количество рядов живых клеток.

Таким образом, по нашим данным, мозговое вещество стержня волоса образуется веретенновидными или ромбическими параллельными поверхностными клетками зернистого слоя эпидермиса, что соответствует слою Генле внутреннего влагалища. Корковое вещество волоса создается элементами, соответствующими клеткам блестящего слоя эпидермиса или клеткам слоя Гексли внутреннего эпителиального влагалища. Кутикула, или чешуйчатый слой стержня волоса образуется клетками рогового слоя, что соответствует клеткам кутикулы внутреннего эпителиального влагалища.

В тех случаях, когда в стержне волоса отсутствует или почти отсутствует мозговое вещество, волоски всегда получаются тонкие, пуховые. Мы обнаружили, что развитие пуховых волосков связано с образованием очень слабо развитого соединительнотканного сосочка, который слегка впячивается в луковицу корня. В таких луковицах почти не образуется плато, и сосочек обычно имеет форму конуса. В образовании стержня пухового волоса принимают участие, по существу, только боковые поверхностные клетки выпячивания, т. е. клетки, способные образовывать корковое вещество и кутикулу волоса. Поскольку кутикулярные клетки в толщине не могут в совокупности иметь более 4—6 μ , а клетки коркового слоя — более 16—22 μ , то без участия крупных клеток зернистого слоя возникают только пуховые волоски. Диаметр последних не может превышать 28—30 μ , что и наблюдается, например, у тонкорунных овец.

Московский технологический институт
мясной и молочной промышленности

Поступило
6 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. В. Немилов, Гистология и эмбриология домашних животных, 1936.
² А. А. Заварзин, С. И. Щелкунов, Руководство по гистологии, 1954. ³ А. А. Мухоморов, W. Bloom, A Textbook of Histology, 1949. ⁴ А. W. Ham, Histology, 1950. ⁵ W. Möllendorff, K. Goerttler, Lehrbuch der Histologie, 1955.

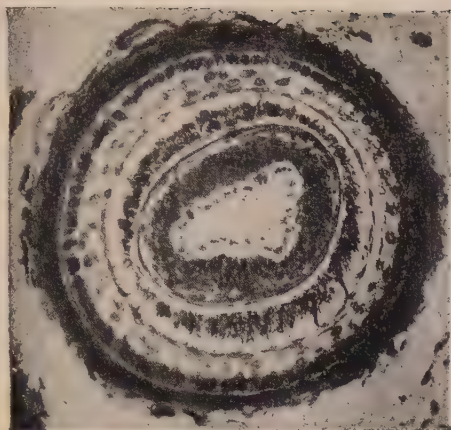


Рис. 2

Рис. 2. Поперечный разрез острого корня волоса у овец. Хорошо видны все слои стержня волоса и стенок корневого мешка

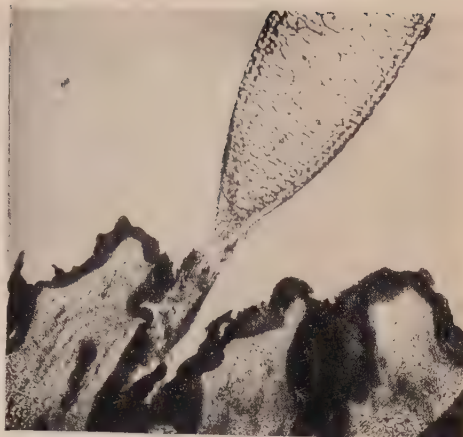
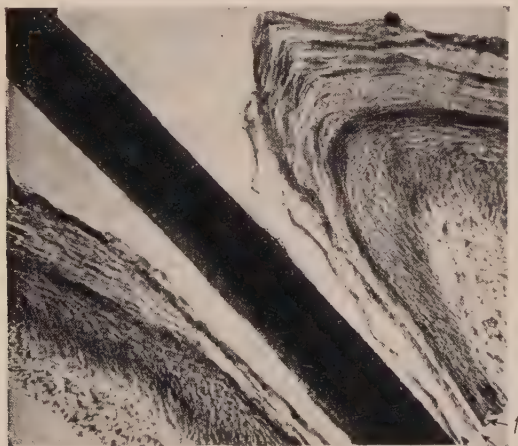


Рис. 3

Рис. 3. Продольный разрез острого стержня и корня волоса лоса в зимнее время. В стержне располагается пористое мозговое вещество, возникшее из клеток зернистого слоя



3 2

Рис. 4. Кожа хвоста коровы. Хорошо виден переход всех слоев из эпидермиса в стенку волосного фолликула: 1 — зернистый слой, 2 — блестящий, 3 — роговой

Е. А. КОРЯКОВ

НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ В РАЗМНОЖЕНИИ ГОЛОМЯНОК (PISCES, COMEPHORIDAE)

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 23 VII 1956)

Имеющиеся в литературе сведения о времени размножения голомянок (Comephorus) получены методом изучения половых циклов производителей. Верещагину (¹), размножение малой голомянки (*C. dybowskii* Kor.) приходится на февраль - март, большой голомянки (*C. baicalensis* Pall.) — июль - август. Талиев (⁹) по количеству отнерестовавших самок в уловах удлинняет период выпада личинок малой голомянки до июня - июля; гоночные особи большой голомянки встречались в уловах почти круглый год.

Способ изучения размножения голомянок по появлению потомства (кры, личинок) до сих пор не использовался, хотя ихтиопланктон открытой части Байкала представлен, по существу, только молодью *Comephorus*. Служило препятствием незнание видовых признаков молодежи: ее видовую принадлежность в случае необходимости устанавливали косвенно, по времени размножения (^{3, 5}).

Впервые морфологические признаки, отличающие молодежь большой и малой голомянки, были приведены в монографии Д. Н. Талиева (⁹). Приступив к работе над массовым материалом, мы убедились, что можно упростить и ускорить ход определения молодежи по видам, используя в качестве диагностического признака характер пигментации.

Мы установили, что эмбрионы большой голомянки еще до выхода из икринки (икринки) имеют на верхней части брюшка, ближе к анусу, от одной до трех наружных пигментных точек. Этот пигментный знак сохраняется у покидающих тело матери предличинок длиной около 9 мм и затем, по мере роста особи, усиливается прибавлением новых точек в первоначальном ряду с появлением 2—3 нижних рядов, причем старшие пигментные клетки становятся звездчатыми.

У эмбрионов и предличинок малой голомянки пигмент (кроме глазного) отсутствует*. Первые пигментные клетки над брюшком появляются уже на стадии предмалышка, при длине 18—20 мм. Почти одновременно появляется среднебоковой ряд пигментных точек, сохраняющийся иногда и у взрослых рыб. Он отсутствует у большой голомянки, для которой при длине 20—25 мм характерно появление густого пигмента на рыле, затылке и хвостовом плавнике. Среднебоковой пигмент как признак молодежи большой голомянки назван Д. Н. Талиевым ошибочно.

Руководствуясь этими признаками, мы обработали 374 пробы сборов 1953 и 1954 гг. на створе Лиственичное-Снежная (Ю. Байкал). Лов произвешлся ежемесячно (с вынужденными пропусками) сетью типа Джекки

* Сохранение или возникновение эмбрионального пигмента у *C. baicalensis*, размножающейся в теплое гидрологическое полугодие, приспособительно связано не с температурой (которая на глубинах практически не отличается от зимней), но с принудительным ледовым выносом пассивных предличинок в верхнюю освещенную зону при усиленной конвекции водных масс, возбуждаемой ветрами.

из шелкового газа № 18 с диаметром входного отверстия 90 см. Число тчек на створе было от 3 до 7. В результате этого мы получили возможность представить ход размножения голомянок числом молоди определенного этапа развития в столбе воды под 1 м² до глубины 500 м. Контрольные ловы до глубин 1000 и 1500 м подтвердили данные (2) о совершенно незначительном количестве молоди *Comerphorus* в слоях глубже 500 м. Показателем численности служило ежемесячное средне-взвешенное, с учетом протяженности участков створа, характеризующееся точками лова. Взяты средние два года (для заполнения пропусков), после того как предварительно убедились, что данные 2 лет по совпадающим срокам достаточно близки.

На графике (рис. 1) пунктирные кривые дают численность предличинки второй стадии фазы предличинки по Рассу (8) (первая стадия почти полностью

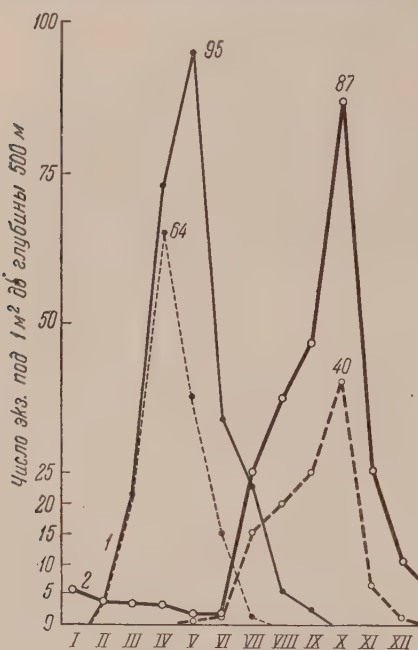


Рис. 1. Динамика численности личинок стадий голомянок под 1 м² до глубины 500 м в Южном Байкале: 1—*C. dybowskii*; 2—*C. baicalensis*, сплошные кривые — всего, пунктир предличинки

проходит в теле матери). Длина молодой голомянки (до конца плавниковой каймы) к концу фазы составляет 9,5 мм, у большой — 11 мм. Эти размеры примерно на 2 мм больше, чем у только что рожденных (7—7,5 малая и 9—9,5 большая). Наблюдается некоторая разнокачественность потомства: предличинки, выходящие из тела матери последними, крупнее первых. Деторождение в естественных условиях, вероятно, разнотипно-мелкопорционное, а не разовое, как наблюдалось в аквариуме (9).

Сплошные кривые на рис. 1 показывают изменение численности молоди размера 15 мм, что соответствует появлению личинок в непарных плавниках (1 стадия фазы личинки по Рассу). Старшая молодежь не рассматривается ввиду возможного активного убегания от орды лова.

Как видно из хода кривых, максимальная численность молоди первых этапов пост-эмбрионального развития молодой голомянки приходится на апрель — май, у большой — на октябрь. По присутствию предличинки определяется период размножения молодой голомянки: февраль — июль, у большой — июль — ноябрь (возможно и декабрь).

Первая размножается в весеннее полугодие, вторая — осеннее.

Летние сборы молоди менее надежны, особенно во вторую, штормовую половину лета, когда число станций приходилось сокращать, а ловы велись при сильном ветре и волнении. Ввиду этого неясно, является ли излом левой части кривой у большой голомянки (июль — сентябрь) делом случая или имеются две волны размножения, из которых первая могла бы принадлежать потомству вторично нерестующих, а вторая — потомству более многочисленного пополнения (7).

Обращает на себя внимание крутое падение кривых хода размножения к зимнему периоду и более пологое выклинивание, с взаимным перекрытием времени размножения отдельных видов, летом. Можно предположить, что при депрессии одного из видов второй в течение сравнительно короткого времени может перейти на размножение, характеризующееся двумя максимумами: весенним и осенним. Такой переход произошел, например, у байкальского пелагического бокоплава *Macrohectopus Branickii* (8).

Кривые рис. 1 позволяют сделать некоторые заключения о росте молоди. Предличинки малой голомянки длиной 9,5 мм исчезают в ловах к середине июля, а личинки в 15 мм к середине сентября, то прирост 5—6 мм проходит за два месяца, т. е. по 2—3 мм в месяц. Скорость роста на том же этапе развития у большой голомянки, вероятно, несколько выше — до 5 мм в месяц. Если принять условно этот рост постоянным в течение года, годовики малой голомянки будут иметь размер 30—40 мм, большой 60—70 мм. Благодаря полугодовому и более длинному периоду размножения голомянки годовые годовики могут иметь очень сильные колебания в размерах и разное число колец на отолитах.

Площади фигур внутри кривых соответствуют общей численности, выживающего до данной стадии развития потомства вида. Уже с первого взгляда видно, что популяционная численность потомства у большой и малой голомянки приблизительно одинакова, так как площади, ограниченные верхними кривыми, т. е. стадией личинки, равны. Однако на стадии предличинки численность потомства малой голомянки на 25% выше, и, следовательно, гибель в следующем этапе развития должна быть выше, чем у большой голомянки.

Можно попытаться определить выживаемость на этапе предличинка — личинка. Для этого найдем для площадей фигур под кривыми среднегодовую численность молоди (в шт. на 1 м² до глубины 500 м) (табл. 1).

Как видно из табл. 1, на этапах развития от предличинки 9,5 мм до личинки 15 мм отход молоди у малой голомянки составляет 17% (выживаемость 83%).

У молоди большой голомянки на тех же этапах развития убыль оказалась незначительной. Поскольку личинки улавливались сетью так же хорошо, как и предличинки, то каковы могут быть причины этого явления.

Во-первых, возможно, что часть молоди отрождена или занесена циркуляцией водных масс глубже 500 м и лишь по мере роста происходил активный подъем в зону облова. В таком случае, если принять за отход 17%, так же как и у малой голомянки, средняя численность молоди большой голомянки на стадии предличинки будет не 8,8, а около 15. Ошибка не имеет принципиального значения, так как может быть устранена ловами до больших глубин.

Методически важнее и сложнее искажения численности разных групп молоди во времени, имеющих характер артефакта. Если при рождении предличинка большой голомянки имеет длину тела 9—9,5 мм и рост за месяц 4 мм, то при ловах раз в месяц значительная часть этой группы перейдет в группу личинок (11—15 мм) и будет иметь место кажущееся увеличение выживаемости. При быстром прохождении некоторых этапов развития соответствующие группы в обычных периодических ловах окажутся очень малочисленными или вовсе не представленными. Поэтому наши данные о выживании голомянок на стадиях личинки можно принимать лишь как весьма предварительные. Однако высокая выживаемость молоди голомянок этой стадии вполне вероятна. Во-первых, ежемесячный прирост длины личинки малой голомянки примерно равен размерному интервалу во взятой нами морфологической группировке, и ошибка в этом случае должна быть не так уж велика; во-вторых, плотность населения глубинных толщ воды низка, видовой состав беден, температуры почти постоянны. Концентрация личинок редко превышает в среднем 1 на 5 м³ на столб воды от 0 до 500 м. Очевидно, по этой причине молодь голомянок до стадии предмалышка в пище рыб не найдена. Разреженность населения у голомянок представляет одно из экологических приспособлений, способствующих их размножению.

Таблица 1

Стадии развития	<i>C. dybowskii</i>	<i>C. balcalensis</i>
Предличинки	11,7	8,8
Личинки	9,7	12,6
Всего:	21,4	21,4

Вряд ли справедливо поэтому мнение Талиева, что личинки голомянок должны гибнуть больше, чем молодь других рыб. Автор также не прав, утверждая, что выживание голомянок 1 : 1 000 невероятно, так как у воюбл и леща оно составляет 10—15 на 100 000. Но, приняв эту норму выжива мости для голомянок, легко убедиться, что обеспечение в потомстве одно пары производителей, потребует 5 пар родителей. При такой норме выжи

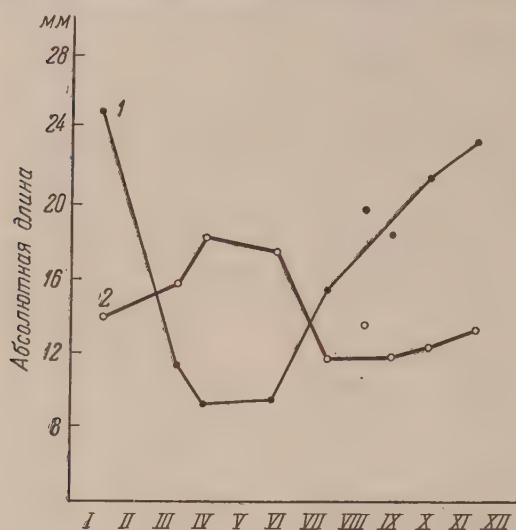


Рис. 2. Средний размер молоди голомянок по месяцам в Южном Байкале: 1 — *C. dybowskii*, 2 — *C. baicalensis*

ваемости голомянки, плодовитость которых не более 5 000 за всю продолжительность жизни (видовая плодовитость по Иоганзену (4), исчезла бы за одно десятилетие. Очевидно, что выживаемость преемствующего вида не может быть существенно ниже удвоенной обратной величины видовой плодовитости и находится в ней численно выражена. Выживаемость у обоих видов голомянок, при почти равной плодовитости (7), должна быть близка и не ниже 1 : 2500.

Ранее (7) мы обратили внимание на размерный hiatus между популяциями зрелых самок большой и малой голомянок, как требование сопряженной эволюции этих «видов-близнецов» (9) на базе общего кормового организ

(*M. branickii*). Но этот фактор действует и на ранних этапах онтогенеза голомянок, так как единственным и общим объектом питания молоди является веслоногое *Epischura baicalensis*. Рачок дает два максимума биомассы — весенний и осенний (5, 6), к которым и приурочено массовое размножение голомянок. Разрыв между временем массового размножения каждого вида почти точно на полгода обеспечивает наилучшие условия не только для отрожденных личинок, но и для последующих стадий развития благодаря наибольшему расхождению в размерах, что в данном случае адекватно расхождению по составу пищи. На рис. 2 приведены кривые средневзвешенных размеров молоди по месяцам. Как видим, кривые имеют зеркальное соотношение, а точки их пересечения (сближение размеров молоди и усиление конкуренции за пищу) приходится на периоды годовых минимумов общей численности молоди в толще воды (см. рис. 1).

Экологические адаптации в размножении голомянок указывают, скорее, на необходимость почти единовременного возникновения в едином водоеме обоих представителей сем. *Corephroidae* и на их сопряженную приспособительную эволюцию в условиях, близких к современным.

Байкальская лимнологическая станция
Восточно-Сибирского филиала Академии наук СССР

Поступило
21 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Ю. Верещагин, С. П. Сидорычев, ДАН, **А**, 126 (1929).
- ² Б. И. Гарбер, Тр. Байкальск. лимнол. ст., **12**, (1948).
- ³ А. А. Захваткин, Тр. Байкальск. лимнол. ст., **2** (1932).
- ⁴ Б. Г. Иоганзен, Тр. Томск. гос. ун-в., **131** (1955).
- ⁵ М. М. Кожов, Животный мир озера Байкал, Иркутск, 1947.
- ⁶ М. М. Кожов, Вopr. ихтиол., **2** (1954).
- ⁷ Е. А. Коряков, ДАН, **101**, № 5 (1955).
- ⁸ Т. С. Расса, Зоол. журн., **25**, № 2, (1946).
- ⁹ Д. Н. Талиев, Бычки подкаменщики Байкала (*Corephoidei*), М.—Л., 1955.

М. И. ГОЛЬДИН и В. Л. ФЕДОТИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИРУСА МОЗАИКИ ТАБАКА МЕТОДОМ УЛЬТРАТОНКИХ СРЕЗОВ

(Представлено академиком В. Н. Шапошниковым 28 IX 1956)

Метод ультратонких срезов значительно расширяет возможности электронно-микроскопических исследований, в частности он может быть использован с большим преимуществом по сравнению с другими методами для изучения вирусных включений, выяснения закономерностей их распределения в растительной клетке и взаимоотношения вируса с клеткой хозяина.

Брандес⁽³⁾ приводит результаты своих опытов по электронно-микроскопическому исследованию сверхтонких срезов тканей табака, содержащих кристаллические включения вируса мозаики табака (в. м. т.). По его данным, наряду с клетками, лишенными вирусных частиц, встречаются клетки с единичными вирусными палочками. Автор подтверждает положение, что основная масса вируса мозаики табака находится в виде вирусных включений (·). По данным Брандеса, клетки растения очень часто бывают сплошь заполнены частицами в. м. т.

В процессе освоения метода ультратонких срезов нами, так же как и Брандесом, применялась фиксация по Паладе⁽⁴⁾ в буферированном ацетат-церонолом 2%-м растворе четырехокси осмия при рН 7,3—7,5. Продолжительность фиксации 24 ч.

Дальнейшая обработка срезов проводилась по способу Ньюмена, Бориско и Свердлова. Срезы толщиной 0,05 μ получались на микротоме фирмы Trüb. Tauber, с применением стеклянного ножа.

Как видно из рис. 1, обе части клетки, так же как и в опытах Брандеса, заполнены вирусными частицами.

Как известно, включения в. м. т. представляют собой агрегаты вирусных частиц. При повреждении клетки кристаллы распадаются, они как бы растворяются, и отдельные вирусные частицы растекаются по всей клетке. Исходя из этих данных, мы считали необходимым выяснить, в какой степени фиксация по Паладе обеспечивает сохранность кристаллических включений вируса мозаики табака. С этой целью нами были проведены следующие опыты. С помощью светового микроскопа просматривались сделанные от руки срезы ткани мозаичного табака. Зарисовывались волоски и содержащиеся в них кристаллические включения. В каждой серии опытов было использовано по 3 среза. Затем вода заменялась фиксатором, и препарат выдерживался в течение 30 мин. в темном месте в маленькой плотно закрытой коробочке. Просмотр показал, что после фиксации по Паладе из 150 лишь в 14 случаях вместо кристаллов можно было обнаружить их остатки в виде кучки зернышек. В одном волоске в конечной клетке сохранился один кристалл.

В другом опыте срезы выдерживались не на предметном стекле, а в пробирке с фиксатором. В двух из трех учтенных волосков кристаллы после фиксации полностью исчезли во всех клетках. В первой клетке третьего волоска из двух находившихся там крупных кристаллов после фиксации сохранилось несколько зерен одного кристалла. Такие же результаты были

получены и в том случае, если срез без предварительного просмотра в вод помещался в пробирку с фиксатором.

Таким образом, при фиксации по Паладе включения вируса мозаики табака в значительной мере распадаются, в результате чего возникают артефакты, не дающие возможности получить правильное представление о распределении вирусных частиц в клетке растения. Хорошо фиксирует вирусные включения пикриновая кислота, но она, как и осмиевая, входящая в фиксатор Паладе, диффундирует в ткань растения очень медленно. За промежуток времени от начала повреждения клетки пикриновой кислотой до момента фиксации ею кристаллических включений, часть кристаллов успевает разрушиться⁽²⁾. Исходя из этих соображений, мы считали целесообразным применить фиксацию ультратонких срезов, содержащих агрегаты вирусных частиц (типа включений в. м. т.), 5%-м водным раствором трихлоруксусной кислоты, которая отличается быстротой проникновения и полнотой фиксации.

Контрольные опыты дали следующие результаты. Предварительно, до фиксации трихлоруксусной кислотой, были зарисованы волски и содержащиеся в них 43 кристаллических включения в. м. т. Через 2 часа после фиксации и обработки по способу Ньюмена, Бориско и Свердлова все кристаллы сохранились. Повидимому в результате уплотнения в кристаллах обозначилась штриховатость. Как видно из рис. 2, кристаллы хорошо сохранились.

При фиксации трихлоруксусной кислотой включения удается наблюдать в обычный микроскоп даже в срезах, уже заключенных в блоки.

Быстрая, почти мгновенная фиксация, осуществляемая трихлоруксусной кислотой, сводит к минимуму артефакты, которые возникают при обработке срезов осмиевой кислотой, и дает возможность констатировать действительное расположение вирусных частиц в живой клетке. В серии сверхтонких срезов листьев мозаичной гомфрены (*Gomphrena globosa*), фиксированных трихлоруксусной кислотой, мы могли установить следующее расположение вирусных частиц.

Из общего числа 64 учтенных клеток в 36 вирусные частицы не были обнаружены, в 20 содержались только кристаллы Ивановского, в 2 были обнаружены кристаллы и расположенные около них отдельные вирусные частицы и только в 6 клетках были отдельные вирусные частицы, кристаллы отсутствовали.

Таким образом, в наших опытах устанавливается весьма неравномерное распределение вирусных частиц в. м. т. в живой клетке растения (гомфрены) с преимущественным скоплением их в крупные кристаллические образования. Весьма интересно, что рядом с клеткой, содержащей только кристаллы, иногда можно обнаружить клетку с большим количеством вирусных частиц. Возможно, что в такого рода клетках зафиксирован период накопления вирусных частиц.

Следует иметь в виду, что в зависимости от индивидуальных свойств штамма в. м. т., внешних условий и времени, прошедшего с момента заражения, распределение вирусных частиц в клетке хозяина будет различным.

Институт микробиологии
Академии наук СССР

Поступило
12 VI 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. Гольдин, Микробиология, 7, 9—10, 1124 (1938). ² М. Гольдин, Вирусные включения в растительной клетке, М., 1954. ³ J. Brandes, Naturwiss., 42, 4, 101 (1955). ⁴ G. Palade, J. Exp. Med., 95, 285 (1952).

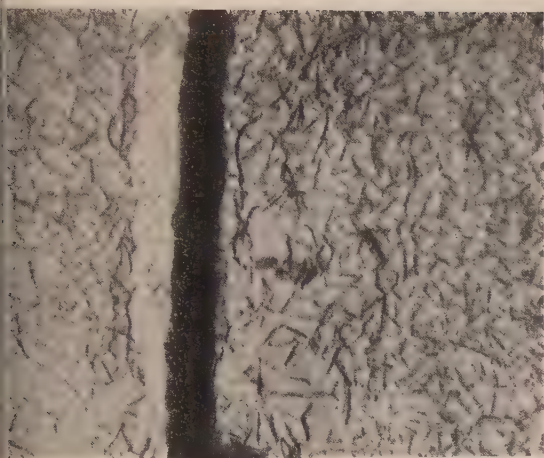


Рис. 1

Рис. 1. Сверхтонкие срезы ткани табака, пораженного в. м. т. В клетках равномерно распределены вирусные палочковидные частицы. Электронномикроскопический снимок 14000 \times

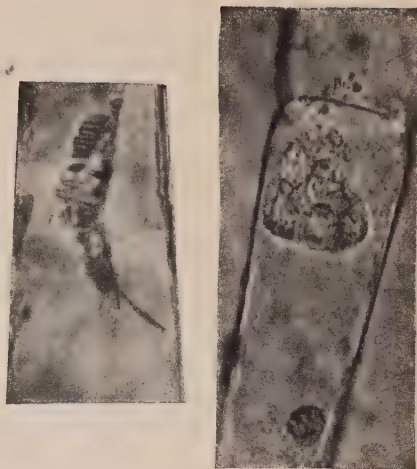


Рис. 2

Рис. 2. Волоски мозаичного табака с кристаллическими включениями. Срезы фиксировались 5%-й трихлоруксусной кислотой с последующей обработкой по способу Ньюмена, Бориско и Свердлова. Микрофотография 700 \times

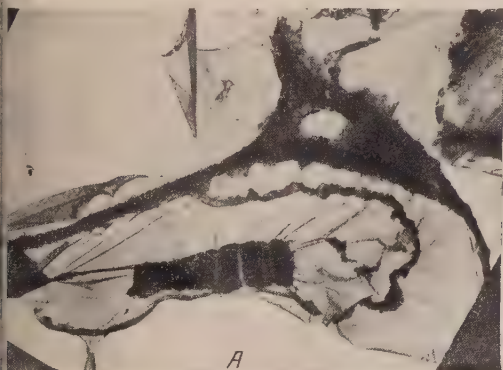


Рис. 3. Сверхтонкие срезы ткани гомфрены, пораженной в. м. т. В клетке виден большой кристалл. Отдельные вирусные частицы отсутствуют. А — 7000 \times ; Б — 14000 \times



МИКРОБИОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ,
А. Н. БЕЛОЗЕРСКИЙ, Я. И. РАУТЕНШТЕЙН, А. И. КОРЕНЯКО,
Н. И. НИКИТИНА, А. И. СОКОЛОВА и С. О. УРЫСОН

АНТИБИОТИК ГРИЗИН (ГРИЗЕМИН) И ЕГО ПРОДУЦЕНТЫ

К актиномицетам, наиболее часто выделяемым из почвы и из других природных субстратов, в первую очередь принадлежат так называемые серые актиномицеты, т. е. культуры, образующие воздушный мицелий от светлого до темно-серого цвета (группа *Act. griseus*). Многолетние наблюдения над культурами указанной группы показали, что эта группа весьма разнообразна и включает биологически разные виды и разновидности. Настоящее сообщение посвящено описанию культур этой группы, продуцирующих антибиотик, названный в свое время «гризин», или № 15. Продуценты гризина широко распространены в природе, но чаще всего выделялись нами из сероземов и каштановых почв. Перекрестное испытание взаимоотношения культур этой группы с представителями других групп серых актиномицетов показало, что они, как правило, не угнетают друг друга, но в то же время или угнетают культуры других групп, или сами угнетаются ими. Эта их особенность в значительной степени способствовала дифференциации среди серых актиномицетов культур, продуцирующих гризин, от культур, продуцирующих другие антибиотические вещества.

По морфологическим, культуральным, а также по, обычно используемым при систематике, физиологическим свойствам разные штаммы продуцентов гризина были весьма близки друг другу. Штамм № 15, приводимый в качестве типового, хорошо растет на синтетических средах типа среды Чапека, на картофельном агаре, МПА, сусло-агаре и других средах с органическими соединениями азота. На Чапек-агаре колонии бесцветные, бугристые или складчатые, плотные, покрыты бархатистым мицелием серого или беловато-серого цвета. На МПА, сусло-агаре, среде Ваксмана и некоторых других белковых средах воздушный мицелий или вовсе не образуется, или образуется в виде отдельных островков. На агаризированной среде, приготовленной из сухого мясного порошка, воздушный мицелий беловатого цвета образуется на всей поверхности среды. Пигмента в среде штамм № 15 не выделяет. На ломтиках картофеля рост обильный, воздушный мицелий белый. В старых культурах часто возникают колонии вторичного роста с более пушистым воздушным мицелием беловатого цвета. Культуры из этих колоний или вовсе не продуцируют антибиотика или продуцируют его в незначительном количестве. Спороносцы спиральные с 1,5 — 3,5 оборотами. Споры шаровидные или овальные, 0,8—0,9 μ в диаметре (рис. 1, см. вклейку к стр. 1008).

Желатину разжижает слабо, молоко пептонизирует без свертывания с подщелачиванием. Крахмал интенсивно гидролизует. На клетчатке дает два заметный рост. Среди 16 изученных штаммов продуцентов гризина выделялись отдельные штаммы, которые отличались от № 15 по интенсивности роста и характеру окраски воздушного мицелия, по обилию спорообразования и по количеству завитков у споросцев (от 3 до 7), по интенсивному разложению желатины.

Продуценты гризина лучше всего выделяли антибиотическое вещество со сложных органических средах, в основном на средах, богатых белками,

как при выращивании в условиях покоя, так и при глубинном методе роста на качалке. Максимум накопления антибиотика отмечался на 4—5 день при глубинном росте и на 7—10 день в условиях покоя при температуре 25—26°. Все 16 испытанных штаммов хорошо продуцировали гризин на среде приготовленной из сухого мясного порошка (1—2%) с прибавлением глюкозы (1—2%) и мела, а также на среде из сухого рыбного бульона с глюкозой и мелом. Активность культуральной жидкости при выращивании на среде из сухого мясного порошка колебалась от 243 до 5000 ед., по данным титрования по *Staph. aureus*. Изучение влияния разных источников углерода на продуцирование гризина показало, что для указанной цели вполне пригодны глюкоза, сахароза, мальтоза, лактоза, галактоза, крахмал и глицин.

Химическая очистка и изучение химических свойств гризина проводились в Институте биохимии им. А. Н. Баха Академии наук СССР. Из имеющихся продуцентов гризина наиболее детально были изучены вещества, продуцируемые штаммами №№ 15, 20, 70, 101 и 111.

Антибиотические вещества выделялись из культуральной жидкости, в которую добавлялся солянокислый экстракт (рН около 3) мицелия. Экстрагировать мицелий приходилось для полноты извлечения антибиотика, так как опыт показал, что мицелий содержит довольно значительное его количество.

Культуральная жидкость очищалась добавлением угля при рН 3, затем после удаления угля и доведения рН до 4,5 выпадал осадок, который также отбрасывался, и, наконец, антибиотик из очищенной культуральной жидкости сорбировался на уголь при рН 7,5. Элюирование антибиотика с угля производилось 40—50%-м этиловым спиртом, подкисленным до рН 3. Элюаты нейтрализовались до рН 5—6 и сгущались в вакууме до сиропа, который обладал активностью до 70 000 ед/мл при титровании по *St. aureus*.

Для получения очищенного препарата в сухом виде дальнейшая очистка антибиотика производилась через пикрат и затем через гелиантат⁽¹⁾. Полученный хлоргидрат антибиотика представлял собой совершенно белый порошок с активностью до 20 000 ед/мг по *Staph. aureus* и 2 000 ед/мг по *Bact. coli*.

Описанным методом были получены антибиотические вещества, продуцируемые штаммами №№ 15, 20, 70, 101 и 111. Хлоргидраты этих антибиотиков представляли собой аморфные гигроскопические порошки, хорошо растворимые в воде и метиловом спирте. Они не теряли активности при хранении и были устойчивы к нагреванию.

Все выделенные антибиотики являются азотистыми основаниями и дают следующие качественные реакции: биуретовую, с нингидрином, на альдегидную группу и на глюкозамин (по Моргану и Эльсону). Реакции на малатол, гистидин и гуанидиновую группу были отрицательными. В очищенных через гелиантат препаратах были определены следующие формы азота: общий азот по Кьельдалю, аминокислотный азот по Ван-Слайку — в течение 5 мин до и после 6-часового гидролиза — и азот оснований, осаждаемых фосфорновольфрамовой кислотой из гидролизатов.

В табл. 1 представлены данные о содержании в гризине различных форм азота, выраженные в процентах к антибиотику и к общему азоту.

Из представленных к табл. 1 данных следует, что в антибиотиках около 40—45% азота находится в форме аминокислот, реагирующего по Ван-Слайку в течение 5 мин. (аминокислотный азот, реагирующего в течение 30 мин., не обнаружено). После гидролиза почти весь азот, содержащийся в антибиотиках, превращается в аминокислотный азот, определяемый в течение 5 мин. Важно отметить, что около 75% всего азота падает на азот оснований. Можно предположить, что выделенные антибиотики являются веществами пептидной природы.

Сходство химических свойств перечисленных антибиотиков, возможность их выделения одним и тем же методом, а также одинаковое расположение

х на бумажной хроматограмме позволяют выдвинуть предположение об идентичности изучаемых веществ.

Антибиотик гризин обладает широким спектром антимикробного действия и угнетает ряд грамположительных и грамотрицательных микробов, также некоторые дрожжи и грибы — как сапрофиты, так и патогенные для человека и растений формы. Чувствительными к гризину оказались следующие испытанные микроорганизмы: *Staph. aureus*, *Bac. subtilis*, *Bac. dysentericus*, *Mycobacterium luteum*, *Mycobact. diphtheriae*, *Mycobact. 3-5*, *Mycobact. tuberculosis*, *Cryptococcus*, *Bact. coli*, *Bact. prodigiosum*, *Bact. proteus*, *Bact. typhi*, *Bact. paratyphi*, *Bact. dysenteriae Shiga*, *Bact. dysenteriae Flexner*, *Bact. armeniacae*, *Bact. malvaecrum*, *Bact. citriputeale*, *Monillia alba*, *Fusarium solani*, *Phomopsis cinereae*, *Helioviopsis basicola*, *Deuterophoma tracheiphila*, *Saccharomyces cerevisiae*.

Изучение препаратов гризина, полученных от штаммов №№ 15, 20, 70, 101, 111, выполненное в 1948—49 гг. на кафедре микробиологии Ленинград-

ского химико-фармацевтического института В. В. Добромысловым, показало, что ни сыворотка, ни гной не снижают их активности. Испытание влияния кровяной сыворотки на активность этих же препаратов по отношению к *Mycobact. tuberculosis*, проведенное С. А. Вычкановой в 1948 г. во Всесоюзном научно-исследовательском химико-фармацевтическом институте (ВНИХФИ) показало, что у разных препаратов она снижается в разной степени.

Испытание токсичности препаратов гризина, выполненное в лаборатории проф. Г. Н. Першина в ВНИХФИ, выявило, что они обладают относительной токсичностью. Максимально переносимая доза для мышей для разных препаратов гризина колебалась от 0,125 до 0,5 мг при ежедневном введении в течение 6—10 дней. Ориентировочные опыты по выяснении терапевтической ценности гризина показали, что введение мышам, зараженным дизентерией, 2 раза в день по 0,25 мг препарата № 15 предохраняет их от гибели в 60—70% случаев. Наиболее детально изучена возможность использования гризина (препарата и культуральной жидкости) от штамма № 15 для борьбы с разными инфекционными болезнями растений. Установлено, что препарат № 15 может быть успешно использован для борьбы с гоммозом хлопчатника (2), с бактериальным увяданием персиковых и с некрозом плодов лимона и мандарина (3,4). Опыты Института микробиологии АН СССР показали возможность использования гризина для борьбы с мальсекко цитрусовых.

В мае 1949 г. два штамма продуцентов гризина (№№ 15 и 70), состав среды для выращивания и метод химической очистки были переданы в Институт эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалея Академии медицинских наук (ИЭМ) для накопления антибиотика в больших количествах и для более детального его изучения. В Институте эпидемиологии и микробиологии Академии медицинских наук СССР наиболее подробно был изучен препарат, полученный от штамма № 15. По данным ИЭМ, он оказал положительный эффект при лечении дизентерии у детей. В указанных исследованиях препарат испытывался под названием ИЭМ № 1. В ИЭМ'е антибиотик, полученный от штам-

Таблица 1

№ культуры	Общий азот	Аминоазот (по Ван-Слайку, за 5 мин.)				Азот оснований	
		до гидролиза		после гидролиза		а	б
		а	б	а	б		
15	14,03	5,51	39,27	13,40	95,51	9,58	68,28
70	14,17	6,57	46,36	13,54	95,55	11,08	78,18
101	14,55	6,42	44,74	13,13	91,50	11,29	78,67
111	14,33	6,31	44,03	13,50	94,20	11,29	78,78

Примечание: а — в процентах к сухому препарату, б — в процентах к общему азоту.

ма № 15, был использован также в ряде исследований, посвященных изучению вопроса о сущности приобретения бактериями устойчивости к химиотерапевтическим препаратам ⁽⁵⁾, изучению изменчивости стафилококков под действием антибиотиков ⁽⁶⁾, а также выяснению содержания нуклеиновых кислот у кишечной палочки, ставшей устойчивой к гризину ^(7,8).

Однако в указанных работах ⁽⁵⁻⁸⁾ препарат гризин, полученный от штамма № 15, ошибочно назван гриземином. Мы же считаем необходимым сохранить за описанным антибиотиком ранее предложенное нами название гризин.

Институт микробиологии и
Институт биохимии
им. А. Н. Баха
Академии наук СССР

Поступило
27 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ R. L. Peck, A. Waltin et al., J. Am. Chem. Soc., 68, 772 (1946). ² Н. А. Красильников, Р. О. Мирзобекия, С. Аскарова, ДАН, 79, № 6, 1022 (1951). ³ Р. О. Мирзобекия, Докл. ВАСХНИЛ, в. 5, 34 (1952). ⁴ Р. О. Мирзобекия, Изв. АН СССР, сер. биол., № 2, 67 (1953). ⁵ А. Ф. Мороз, Автореферат канд. диссертации, М., 1951. ⁶ А. Ф. Мороз, Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунол., № 1, 22 (1956). ⁷ З. А. Попенкова, Там же, № 12, 67 (1955). ⁸ З. А. Попенкова, Там же, № 1, 26 (1956).

МИКРОБИОЛОГИЯ

Г. К. САЕВ и К. Ив. МАРКОВ

**ПЕНИЦИЛЛИН И ТИАМИН КАК ФАКТОРЫ РОСТА
СТАФИЛОКОККОВ**

(Представлено академиком А. И. Опариным 11 IX 1956)

Тиамин и никотиновая кислота как факторы роста стафилококков подробно изучены (¹⁻³). Исходя из ряда наблюдений над стимуляцией пенициллином роста устойчивых к нему штаммов, мы поставили себе задачу проследить отношение пенициллина к факторам роста стафилококков.

Опыты проводились на основной среде Уэста и Уилсона (⁴), которая используется обычно для микробиологического определения тиамина при тест-организме *Staphylococcus aureus*. По методике Уэста и Уилсона испытывался эффект роста следующих веществ: 1) тиамин-гидрохлорида; 2) 2-метил-6-аминопиримидин-5-метилсульфоновой кислоты, полученной по Уильямсу с сотр. (⁵); 3) 4-метил-5- β -оксиэтилтиацола, полученного по Уильямсу с сотр.; 4) бензил-пенициллин-калиевой соли (производство Министерства здравоохранения Болгарии), бензил-пенициллин-натриевой соли (производство Министерства здравоохранения СССР и ВЕБ — Йенафарм ГДР); 5) бензил-пенициллоиновой кислоты, полученной щелочным гидролизом пенициллина по Ортенбладу (⁶) и под воздействием препарата пенициллиназы.

Вещества прибавлялись к основной среде, содержащей $1,6 \cdot 10^{-6}$ мол/л никотиновой кислоты и засеивались исследуемыми стафилококковыми штаммами. После 36-часовой инкубации при 37° развитие стафилококков определялось при помощи нефелометра Пульфриха.

Исследования проводились с 41 штаммом *St. aureus*, которые по своей устойчивости к пенициллину распределяются следующим образом: у 12 штаммов развитие задерживается при концентрации пенициллина $< 1 E/мл$; у 22 штаммов — при концентрации пенициллина между 1 и $250 E/мл$ и 7 штаммов — при концентрации пенициллина $> 250 E/мл$.

Рост исследуемых штаммов исследовался на следующих средах, содержащих испытуемые вещества: 1) основная среда, содержащая в качестве фактора роста только $1,6 \cdot 10^{-6}$ мол/л никотиновой кислоты; 2) основная среда с $3 \cdot 10^{-10}$ мол/л тиамина; 3) основная среда с $3 \cdot 10^{-10}$ мол/л 2-метил-6-аминопиримидин-5-метилсульфоновой кислоты; 4) основная среда с $3 \cdot 10^{-10}$ мол/л 4-метил-5- β -оксиэтилтиацола; 5) основная среда с $3 \cdot 10^{-10}$ мол/л 2-метил-6-аминопиримидин-5-метилсульфоновой кислоты и $3 \cdot 10^{-10}$ мол/л 4-метил-5- β -оксиэтилтиацола; 6) основная среда с $3 \cdot 10^{-10}$ мол/л бензил-пенициллина (0,0015 $E/мл$); 7) основная среда с $3 \cdot 10^{-10}$ мол/л бензил-пенициллоиновой кислоты (a — полученной щелочным гидролизом и b — полученной под воздействием препарата пенициллиназы); 8) основная среда с $3 \cdot 10^{-10}$ мол/л бензил-пенициллина и $3 \cdot 10^{-10}$ мол/л тиамина.

Выяснилось, что ни один из исследуемых штаммов не развивается при наличии только никотиновой кислоты (среды 1). В соответствии с данными Найта (^{2,3}), 29 из исследуемых штаммов развиваются при одновременном наличии тиамина и никотиновой кислоты (среда 2). Для всех этих штаммов тиамин может быть успешно заменен смесью из тиацоловой и пиримидиновой

компонент молекулы тиамина (среда 5). Взяты в отдельности обе эти составные части (среды 3 и 4) неактивны.

У 15 из 29 штаммов, развивающихся в присутствии тиамина и никотиновой кислоты, тиамин может быть заменен эквимолекулярной концентрацией пенициллина, причем получается эффект роста того же порядка. Результаты для двух из исследуемых штаммов приведены на рис. 1. Такие же результаты были получены и с бензил-пенициллоиновой кислотой (среда 7) равно как и с пенициллинами различного производства. Установлено, что

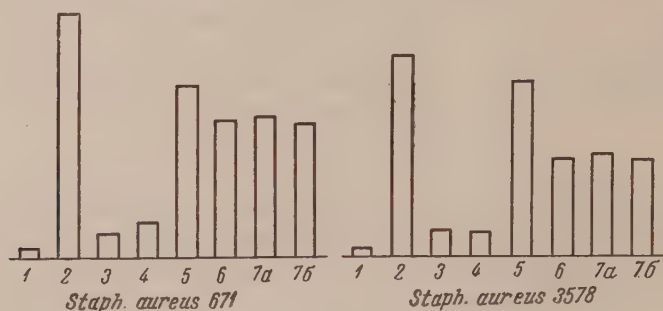


Рис. 1

эффект роста тиамина проявляется до концентрации 10^{-11} мол/л, а пенициллина до концентрации 10^{-10} мол/л.

Замечено, что между стафилококками, для которых тиамин может быть заменен пенициллином без существенного влияния на изменение роста, преобладают устойчивые к пенициллину штаммы.

Из остальных 12 штаммов, которые все устойчивы к пенициллину и которые не развиваются при наличии тиамина и никотиновой кислоты (среда 2), 6 штаммов развиваются при добавлении к среде пенициллина (среда 8). Остальные 6 штаммов не развиваются и при этих условиях. Вероятно, в процессе адаптации они стали зависимыми и от других факторов роста.

Полученные результаты показывают, что для значительной части исследованных штаммов стафилококков (для 15 из 41) пенициллин является фактором роста, способным заменить тиамин при тех же концентрациях.

Высший медицинский институт
София, Болгария

Поступило
7 VII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ B. C. J. G. Knight, Biochem. J., **31**, 731 (1937). ² B. C. J. G. Knight, Biochem. J., **31**, 966 (1937). ³ B. C. J. G. Knight, H. McIlwain, Biochem. J., **32**, 1241 (1938). ⁴ P. M. West, P. W. Wilson, Science, **88**, 334 (1938). ⁵ R. R. Williams, R. E. Waterman et al., J. Am. Chem. Soc., **57**, 536 (1935). ⁶ B. Örtengren, Acta Chem. Scand., **4**, 518 (1950).

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Е. А. ДОРОГАНЕВСКАЯ

**О СВЯЗИ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ У ПОЛЫНИ
С ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 14 IX 1956)

В числе работ эколого-географического характера, проводившихся в район Тянь-шаньской станцин, была сделана попытка проанализировать изменения свойств некоторых ландшафтных растений по вертикальным поясам путем сопоставления их внутренних процессов с условиями среды. В ряду с определениями изменений их химического состава, средством оцениваемых связей было определение у этих растений активности фермента каталазы, которая считается показателем интенсивности процессов жизнедеятельности организма. Связи этого фермента с системой физиологических и биохимических процессов позволили предположить, что его в какой-то мере можно использовать в качестве показателя итоговой реакции живительного организма на сложный комплекс экологических воздействий. Жизнь рассматриваемых взаимодействий могла послужить известным пятствием. Однако при работе, например, с полынью (*Artemisia tiananica*) результаты оказались достаточно четкими и освещающими с новой силой как биологические особенности этого растения, так и связи его с условиями местобитания.

Опыты проводились на двух равнинных участках сухой степи (высота у. м. 1740 и 1765 м) и в предгорьях (2150 м). Методика определения активности каталазы (а. к.): навеска свежих растений в 0,5 г, растертая с комом и мелом, взвешивалась в 100 мл воды. Для определений применялось 2 мл суспензии и 2 мл 3%-ной перекиси водорода. Температура в термостате 15°. Охлаждение — водой горной речки. Отклонения, вызываемые повышением температуры до 17°, не превышали обычных погрешностей опыта. Взбалтывание — от руки. Мерой а. к. служил объем O_2 , определяемый отсчетом на 5-й минуте. Разница отсчетов в параллельных определениях — более 0,1 мл.

Невысокая величина а. к. в первую половину лета соответствует медленному темпу развития полыни, которая до осени остается в ранних фазах развития — вегетации и бутонизации. Но в то время как а. к. у многих растений сильно снижается в сезонном ходе, у полыни она еще долго остается на уровне, близком к прежнему (табл. 1)

Как показали исследования В. А. Благовещенского (1), изменения а. к. растений в течение дня выражаются одновершинной кривой с максимумом в середине дня. Это подтверждалось и нашими данными. У полыни же обычно наблюдался противоположный ход этого показателя. В ясные жаркие дни вая дневного хода а. к. была вогнутой с минимумом среди дня (табл. 2). В утренние и вечерние часы а. к. может достигать уровня, свойственного другим растениям в молодом возрасте. Но уже к середине дня наступает резкое падение а. к. После минимума, наблюдавшегося в большинстве опытов около 16 час., начинается новое повышение. Но такой ход а. к. наблюдается не всегда. В первую половину лета (например, 24 VI 1955 г. 8—17 час.) пасмурные дни (табл. 3) у полыни наблюдался дневной ход а. к., близкий

Сезонные изменения а. к. у растений, обитающих на подгорной равнине и предгорьях в бассейне р. Чон-Кзыл-Су

Дата	Растения	а. к.	Дата	Растения	а. к.
20 VI—53	Ежа сборная (<i>Dactylis glomerata</i>)	19,4	20 IX 1953	Ежа сборная	4,1
	» »	18,1		Полынь тянь-шань-ская	3,7
	Житняк гребневидный (<i>Agropyrum pectinifolium</i>)	20,1	7 X 1955	» »	4,3
	Овсяница бороздчатая (<i>Festuca sulcata</i>)	16,6	14 VIII 1955	» »	6,3
	Полынь тянь-шаньская	9,0		Овсяница бороздчатая	2,2
20 VI—54	» »	6,1	20 VIII 1954	» »	2,3
	Ежа сборная	16,0		Житняк гребневидный	2,4
	Житняк гребневидный	14,2		Полынь тянь-шань-ская	2,6
	Герань холмовая (<i>Geranium collinum</i>)	10,6		» »	6,6
	Полынь тянь-шаньская	10,2		» »	4,8
	» »	8,3			
	» »	5,8			

к описанному В. А. Благовещенским. При понижении температуры и повышении влажности во второй половине дня также вместо минимума мог наступить максимум, после которого к вечеру регистрировалось снижение а. к. В дни с переменной погодой ход а. к. у полыни разнообразен. При резком понижении температуры (24 VI и 8 VIII) наблюдалось сильное повышение а. к. При постепенном снижении температуры и повышении влажности вся кривая несколько смещается вверх (7 VIII).

Таблица 2

Дневной ход а. к. у полыни в ясные жаркие дни

Дата	Место сбора	Часы дня	а. к.	Температура в °		Относит. влажность в %		Дефицит влажности в мм	
				у почвы	над травостоем	у почвы	над травостоем	у почвы	над травостоем
21 VII—54	Южный склон, сухой участок	7	10,4	11,8	11,9	93	72	1,0	4,0
		10	7,1	15,0	18,8	84	41	3,0	13,2
		13	5,7	25,4	20,0	37	46	20,6	12,8
		16	5,0	28,0	21,8	23	32	29,2	18,2
		19	5,7	19,0	15,5	45	60	11,6	7,2
8 VIII—54	Там же	10	15,6	28,0	25,8	34	37	25,1	20,7
		13	7,7	40,0	28,7	8	24	68,2	30,0
		16	5,4	38,0	28,4	6	20	47,5	30,6
		19	10,0	16,2	15,9	69	67	6,6	7,4
		18 ³⁰	5,8	32,0	27,9	21	19	37,7	30,7
10 VIII—54	Подгорная равнина	13	4,0	31,8	27,7	15	23	36,6	27,6
		16	5,6	41,4	38,1	35	42	23,7	17,7
		18 ³⁰	11,4	26,0	24,8	31	37	24,1	22,8

Изменения величины а. к. нередко соответствуют ходу метеорологических элементов, определяемому по психрометру Ассмана в травостое, причем это соответствие больше у почвы, чем у поверхности травостоя.

Значение увлажнения для процессов жизнедеятельности полыни, отражаемых а. к., особенно отчетливо обнаружилось в опыте от 8 VIII 1955 г. В этот ясный и жаркий день дневной ход а. к. определялся параллельно у полыни

Таблица 3

дневной ход а. к. у полыни при невысокой температуре и достаточном увлажнении (в пасмурную погоду или в первой половине лета)

Дата	Место сбора	Часы дня	а. к.	Температура в °		Относительная влажность в %		Дефицит влажности в мб	
				у поч-вы	над травостоем	у поч-вы	над травостоем	у поч-вы	над травостоем
VIII—54	Южный склон за рекой, пасмурно	10	5,8	—	—	—	—	—	—
		13 ³⁰	9,3	—	—	—	—	—	—
VI—55	Подгорная равнина, южный склон кургана	8	8,1	19,4	18,2	45	42	12,1	12,0
		11	9,4	26,4	26,8	28	31	24,8	22,8
		14	8,7	32,4	27,4	16	19	40,4	29,6
		17	7,5	29,6	26,7	20	27	22,0	27,4
		20	15,3	17,4	17,6	34	34	13,2	13,2
VII—55	Предгорья, облачно	8 ³⁰	6,5	16,4	14,8	63	43	8,8	10,6
		11 ³⁰	5,4	22,6	20,3	29	35	19,3	15,6
		14 ³⁰	8,7	16,5	15,8	47	51	11,1	8,8
		17 ³⁰	7,3	13,0	12,2	86	86	1,8	1,7
		19 ³⁰	8,3	11,0	10,0	94	94	1,0	1,0
VIII—55	Там же, с утра был дождь	7 ¹⁵	7,0	16,3	12,2	51	43	9,5	10,9
		10 ¹⁵	7,8	23,6	17,2	31	29	25,6	25,2
		13 ¹⁵	5,9	35,2	18,0	11	14	22,4	21,0
		16 ¹⁵	9,7	23,8	13,2	25	23	15,5	15,1
		19 ¹⁵	3,8	18,0	9,7	36	27	13,2	10,0

растущей на двух соседних участках южного склона. Первый — типичный участок сухой степи. Второй был орошен водами, перелившимися при поливе вышележащего поля. Прсыбались в точках, разделенных расстоянием 2—2,5 м. В первом случае — от 10 до 16 часов, когда дефицит влажности почвы превысил 68 мб, — а. к. снизилась с 15,6 до 5,4. К 19 час., когда условия сильно смягчились, а. к. поднялась до 10,0 (см. табл. 2). У полыни, растущей на втором участке, дневной ход а. к. был обычен для растений, живущих в условиях достаточного увлажнения. Необычно высокая для полыни а. к. достигала максимума в 16 час., после чего снова снижалась (табл. 4).

Роль увлажнения проявляется и в другом. Более высокая и продолжительная интенсивность процессов жизнедеятельности во влажных условиях позволяет полыни накапливать большую массу. На дне лощины ее стебли достигали высоты 40—45 см, на залежи 20—25 см, а на южном склоне кургана 10—15 см.

Описанные наблюдения дополняют представление об известных биологических особенностях полыни. Она живет в наиболее жарких условиях сухих и пустынных степей, где временами не выдерживает большинство обычных спутников. Прохождение фаз развития у нее очень замедленно. Она переходит в генеративную стадию тогда, когда многие другие растения еще заканчивают свой жизненный цикл. Снижение а. к. у нее среди дня показывает, что это растение приспосабливается к условиям жестокого избытка влаги и недостатка влаги сводя к минимуму свои жизненные функции.

В то же время, обитание в таких неблагоприятных для жизни местах все не означает, что полынь не нуждается в лучших условиях. Наоборот, она ловит каждый благоприятный момент, чутко отзываясь на каждое повышение температуры и повышение влажности усилением процессов жизнедеятельности, о чем свидетельствует повышение а. к. В не соответствующих ей местобитаниях она оказывается в состоянии конкурировать с другими растениями благодаря способности свертывать в неблагоприятные периоды свои жизненные процессы.

А. к. у полыни во влажных местообитаниях в сопоставлении с сухими

Дата	Место сбора	Часы дня	а. к.	Температура в °		Относительная влажность в %		Дефицит влажности в мб	
				у поч-вы	над травостоем	у поч-вы	над травостоем	у поч-вы	над травостоем
8 VIII—55	Южный склон, орошенный участок*	10	14,5	25,0	24,8	64	41	11,4	18,3
		13	14,7	25,3	28,4	66	20	11,1	31,1
		16	16,8	25,0	24,9	57	37	18,0	19,6
		19	10,5	18,4	17,2	34	37	13,3	20,8
27 VI—55**	Дно лощины	13	12,4	20,8	17,0	63	61	9,0	7,6
		15 ¹⁰	14,1	18,6	19,4	64	62	7,6	8,6
	Южный склон кургана	13	8,5	18,8	17,8	75	85	5,2	3,3
		15 ¹⁰	7,1	19,8	19,0	73	70	6,6	6,3
9 VIII—55	Дно лощины	10 ²⁵	13,6	36,0	28,8	18	21	48,8	31,4
		14 ²⁵	15,3	36,5	29,2	13	29	53,0	28,8
	Плоская вершина холма, залежь	10 ²⁵	6,7	35,4	29,4	16	27	49,3	29,8
		14 ²⁵	6,3	36,4	30,0	7	17	56,4	35,4

* Данные по сухому участку см. в табл. 2.

** Облачно, после дождя.

Приведенные данные показывают с новой стороны биологические особенности полыни. Основное же значение этих сведений заключается в том, что они намечают возможность более точного выяснения эколого-географических особенностей растений путем изучения связей между их внутренними процессами и внешними факторами в естественной обстановке.

Институт географии
Академии наук СССР

Поступило
26 I 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. А. Благовещенский, Сб. Синтез органического вещества и роль витаминов в растениях, Изд. АН СССР, 1940.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Ю. И. ВЛАСОВ

**УСТОЙЧИВОСТЬ ТОМАТА К СТРИКУ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 14 IX 1956)

В тепличных хозяйствах томаты часто поражаются вирусом табачной мозаики. Этот вирус может вызывать на томатах не только признаки мозаичности листьев, но (при некоторых условиях) также и симптомы так называемого одинарного стрика, заключающиеся в появлении некротических коричневатых-бурых полос и пятен на стеблях, черешках, листьях и плодах. Стрик является более тяжелой и вредоносной формой болезни, чем мозаичность листьев.

В повышении устойчивости томата к стриксу важное значение принадлежит регулированию создающихся в теплицах экологических условий. И. И. Гольдин и А. П. Париевская⁽¹⁾, А. С. Пименова⁽²⁾, И. И. Китаев⁽³⁾ и др. приводят некоторые данные о связи появления симптомов стрика с изменением световых либо температурных условий, однако широкой, методически обоснованной работы по указанному вопросу не проводилось. Большинство данных об условиях развития стрика получено не в результате специальных опытов, а путем простых наблюдений, без точного учета и контроля внешних факторов; эти материалы нередко носят противоречивый характер.

В нашей работе была поставлена цель выяснить значение температуры света в устойчивости томата к одинарному стриксу. Опыты проводились в строго контролируемых условиях при искусственном заражении растений вирусом табачной мозаики. В каждом варианте опыта вирусом заражалось не менее 20—50 растений. Температура фиксировалась термографами, влажность воздуха — психрометром Ассмана, измерения световой энергии проводились пиранометром Янишевского.

В одном из опытов томаты сорта Бизон до возраста 4 листьев выращивались в одинаковых условиях теплицы. Затем растения были высажены в стеклянные камеры, смонтированные на стеллаже теплицы. В данном опыте колебания относительной влажности воздуха в обоих вариантах были сходными и составляли 45—80%.

В одной из камер (№ 2) искусственным путем создавалась сниженная интенсивность радиации. До заражения растения находились в разных условиях интенсивности радиации 18 дней. В этот период средняя среднесуточная температура в 1-й камере была $+23,2^{\circ}$, а во 2-й $+18^{\circ}$. Средняя интенсивность общей радиации была равна в период до заражения в камере № 1 10 000 эрг/см²/сек и в камере № 2 — около 100 000 эрг/см²/сек.

Изменение среднесуточной температуры и средней интенсивности радиации в период после заражения, а также число пораженных стриком растений в разных вариантах представлено в табл. 1.

Период от момента заражения до начала выявления симптомов составил в данном опыте 8 дней. На 9-й день растения обеих групп развили более или менее заметные симптомы мозаики. Кроме того, на отдельных растениях во 2-й камере появились первые признаки стрика. Слабое разви-

Зависимость появления стрика на томатах от условий температуры и интенсивности солнечной радиации

№№ камер	Условия после заражения						Число пораженных стриком растений в %		
	1—8 день		9—14 день		15—22 день		на 9 день	на 14 день	на 22 день
	температура в °С	интенсивность радиации в эрг/см²/сек	температура в °С	интенсивность радиации в эрг/см²/сек	температура в °С	интенсивность радиации в эрг/см²/сек			
1	21—27,5	290 000	24—27	300 000	22—23	200 000	нет	нет	нет
2	19—25,5	95 000	20—22	100 000	17—18	60 000	появление	20	100

тие стрика в этом случае продолжалось при 20—22° и затем резко усилилось захватив все растения, при понижении температуры до 17—18° и при еще большем уменьшении интенсивности радиации. Стрик не развивался в камере № 1 при среднесуточных температурах не ниже 21° и в условиях интенсивности радиации не ниже 200 000—300 000 эрг/см²/сек.

Аналогичные результаты получены и в следующем опыте. Две группы томатов сорта Брек-о-дей (в фазе бутонизации) находились в течение 7 дней до заражения в различных условиях температуры и интенсивности радиации. После заражения растений различия во внешних условиях сохранялись. Результаты опыта представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значение температуры и интенсивности солнечной радиации в изменении устойчивости томата к стрикку

№№ вариантов	Среднесуточная температура в °С			Средняя интенсивность радиации в эрг/см²/сек	Число пораженных стриком растений в %
	до заражения	до выявления симптомов	в период выявления симптомов		
1	21—24	20—24	22—24	200 000—230 000	Нет
2	17—18	16—17	16—17,5	40 000—50 000	100

Рассмотрение табл. 2 показывает, что массовое развитие стрика наблюдалось при пониженной среднесуточной температуре и низкой интенсивности солнечной радиации. При повышенной температуре и сравнительно высокой интенсивности солнечной радиации симптомы стрика не появлялись (в этом случае развивалась менее вредоносная форма болезни — мозаичность листьев).

Этот опыт, в отличие от предыдущего, проведен в условиях высокой относительной влажности воздуха (75—100%) в обоих вариантах. Таким образом, температура и интенсивность радиации являются решающими факторами в появлении стрика как при высоких, так и при более низких значениях относительной влажности воздуха.

Следует отметить, что в томатных теплицах необходимо поддерживать умеренную, но не высокую влажность воздуха, поскольку ее повышение может приводить к развитию и усилению некоторых (в частности, грибных) заболеваний томатов.

В ряде наших опытов было показано, что если только один из факторов способствует стрикку (либо пониженная температура, либо низкая интенсивность радиации), то происходит не массовое, а сравнительно слабое развитие

ой формы болезни. Например, в одном из опытов при среднесуточной температуре 14—19°, а интенсивности радиации 200 000—220 000 эрг/см²/сек лишь 20% растений развили симптомы стрика, а при среднесуточной температуре 20—26°, но низкой интенсивности радиации (80 000—90 000 эрг/см²/сек) лишь 8% растений развили симптомы стрика. Рассмотрение результатов данного опыта показывает также, что при понижении только температуры стрик развивается сильнее, чем при понижении только интенсивности радиации. Имеются указания, что в Московской области стрик имеет некоторое распространение и в открытом грунте. В связи с этим нами также проводились, с целью более глубокого изучения экологии стрика, опыты в полевых условиях. В работе использовались в основном сорта томата Бизон, Стоксвелл, Брек-о-дей. Все указанные сорта поражались в открытом грунте как мозаикой, так и стриком. Результаты опытов показали, что условия, определяющие развитие одинарного стрика в открытом грунте, являются принципиально такими же, как вызывающие появление стрика в теплицах. Например, по данным 1954 г. появление стрика происходило в открытом грунте в конце июля — начале августа при среднесуточных температурах 18—20°. Число часов солнечного сияния в эти периоды резко колебалось, уменьшаясь в отдельные дни до 2,5—5.

В тех пределах среднесуточных температур, в которых проявляется стрик, суточный ход температуры может складываться по-разному. В одних случаях дневные температуры были сравнительно высокими, а ночные очень резко понижающимися; в других — ночные температуры мало отличались от дневных. Важно отметить, что для развития томата неблагоприятны как очень резкие колебания дневных и ночных температур, так и похолодания при незначительных отличиях дневных температур от ночных. Неблагоприятное действие пониженных температур на томаты особенно усиливается при недостатке света. В таких условиях томаты не могут, в частности, перейти к нормальному цветению: значительная часть цветов и бутонов опадает. Таким образом, усиление вредоносности вируса табачной мозаики, выражающееся в появлении симптомов стрика, происходит в условиях, не оптимальных для культуры томатов. Томаты повышают устойчивость к стриксу при создании благоприятных для их развития условий температуры и интенсивности радиации.

Выражаю искреннюю благодарность руководителю работы профессору С. Сухову.

Московская станция защиты растений
Всесоюзного института защиты растений

Поступило
28 I 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. И. Гольдин, А. П. Париевская, Докл. ВАСХНИЛ, № 12, 33 (1948).
А. С. Пименова, в кн. Семеноводство овощных культур, М., 1953. ² И. И. Китаев, С. И. Китаев, Овощеводство в теплицах, М., 1954.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Е. Я. ЕРМОЛАЕВА

**ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ДОЗ ФОСФОРА НА ПОВЫШЕНИЕ
ХОЛОДОСТОЙКОСТИ ТОМАТОВ**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 14 IX 1956)

Известно, что томаты относятся к теплолюбивым растениям. При понижении окружающей температуры ниже 10° останавливается их рост и тормозится созревание пыльцы цветков. Особенно губительно действует похолодание на рассаду, высаженную в грунт после пребывания ее в теплице.

Целью нашего исследования было проследить влияние повышенных доз фосфора при пониженных температурах на некоторые физиологические процессы у томатов; мы остановились на фосфоре, во-первых, потому, что фосфорное удобрение, как известно, применяется для повышения морозостойкости в полеводстве и плодоводстве, и, во-вторых, потому, что роль фосфора в жизни растений весьма многообразна.

Рядом исследователей (²⁻⁴) показано, что наиболее неблагоприятно сказывается на дальнейшем развитии растений отсутствие фосфора в начальные периоды питания. То же относится и к томатам (¹).

В качестве опытного растения был взят наиболее холодостойкий сорт томатов «Грунтовый Грибовский». Опыт был заложен в почвенных культурах по следующей схеме: в I варианте была внесена двойная норма фосфора, во II — двойная норма калия, в III — двойная норма азота, IV вариант являлся контролем. Кроме того, 15 VI количество каждого из этих элементов было увеличено путем дополнительного внесения минеральных солей также в двойном размере. Фосфор вносился в почву в виде $\text{KН}_2\text{РO}_4$, калий в виде KCl и азот в виде $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Томаты 5 V были высеяны в теплицу, а 30 V пересажены в вегетационные сосуды. К этому времени растения достигли 8—10 см высоты и имели по 2—3 небольших листочка. В 1955 г. погода в июне стояла весьма прохладная, средняя температура воздуха днем была $12-14^{\circ}$, а ночью спускалась до $3-5^{\circ}$. Этими погодными условиями мы воспользовались для разрешения поставленной задачи. Опыт проводился на открытом участке. Повторность в опыте была 10-кратная.

Оказалось, что вскоре после пересадки растений в сосуды, листья их приобрели интенсивную окраску от накопления в клетках антоциана. Исключение представляли лишь растения I варианта, находившиеся на повышенных дозах фосфора. Томаты этого варианта, в отличие от других, имели зеленые листья и продолжали, хотя и медленно, но расти, в то время как у всех других растений рост был заторможен. Больше всего были угнетены растения, получавшие обильную подкормку азотом. Было очевидно, что томаты на высокой дозе фосфора обладали большей холодостойкостью по сравнению с растениями других вариантов. С наступлением теплой погоды все растения активно двинулись в рост, однако различия между вариантами были отчетливо заметны еще 20 VII (рис. 1). Помимо того, что томаты, обильно снабженные фосфором, лучше перенесли неблагоприятные погодные условия, они также и раньше зацвели, а именно из 10 растений 7 цвели уже 16 VII, тогда как у других в это время только начиналась бутонизация. Обнаруженное нами положительное влияние высоких доз фосфора на повы-

ление холодостойкости томатов в сосудах мы проверили на рассаде, высаженной в грядку. Под влиянием весьма холодной погоды рост рассады приостановился и листья были интенсивно окрашены антоцианом. После обильной подкормки фосфором листья стали приобретать зеленый цвет и растения начали расти, несмотря на плохие погодные условия. Часть растений, которая не была подкормлена и служила в качестве контроля, продол-



Рис. 1. Влияние высоких доз минеральных элементов на рост томатов. Слева направо: фосфор, азот, калий, контроль

жала оставаться в прежнем состоянии до наступления потепления. Есть указания (^{5,6}), что совместное внесение фосфорнокислых и калийных удобрений повышает морозостойкость. Быть может в нашем опыте повышение холодостойкости в некоторой степени зависело от присутствия калия, так как фосфор вносился в виде K_2HPO_4 . В варианте с одним калием растения страдали от влияния пониженных температур так же, как и в контроле.

В связи с выявившимися внешними различиями в окраске листьев и росте растений под влиянием повышенных доз фосфора по сравнению с другими минеральными элементами интересно было выяснить внутренние причины, обуславливающие эти различия. Сравнительные определения содержания антоциана, хлорофилла и интенсивности фотосинтеза, проведенные в июне, показали (табл. 1), что зеленая окраска листьев у растений, получавших обильно фосфор, связана с более низким содержанием антоциана и повышенным количеством хлорофилла по сравнению с контрольными и другими растениями. Что касается интенсивности фотосинтеза, то необходимо отметить, что между накоплением хлорофилла и ассимиляционной активностью листьев не всегда наблюдалась прямая зависимость. У растений, получивших фосфор и азот, фотосинтетическая интенсивность была выше, чем у растений, выращиваемых на калии, и у контрольных, тогда как содержание хлорофилла было больше в варианте с фосфором и калием. У растений на фосфатном питании повышение накопления хлорофилла соответствовало более высокой фотосинтетической способности тканей листа.

Учет сухого вещества растений 3 VIII также показал, что обильная под-

Таблица 1

Влияние условий питания на содержание пигментов и интенсивность фотосинтеза листьев томатов

Варианты	Содержание антоциана в % к контр.	Содержание хлорофилла в % к контр.	Интенсивность фотосинтеза в мг CO_2 на 1 см ² в 1 час
Фосфор	45	118	26,0
Калий	128	109	17,0
Азот	92	95	24,6
Контроль	100	100	20,7

кормка фосфором наиболее благоприятно сказалась на накоплении органического вещества (табл. 2). Особенно резкая разница наблюдалась в развитии корневой системы, а именно вес корней растения в варианте с фосфором был значительно больше, чем на калийном и азотном питании. Положительное влияние фосфора сказалось и на количестве плодов: в среднем у одного растения на фосфоре оказалось 8 плодов, на калии и в контроле — 4, на азоте к этому времени плодов еще не было.

Таблица 2

Накопление органического вещества в зависимости от условий питания (сухой вес одного растения в г)

Варианты	Листья	Стебли	Корни	Все растение
Фосфор	6,3	7,1	12,0	25,4
Калий	5,2	5,5	5,0	15,7
Азот	3,4	3,2	2,4	9,0
Контроль	4,5	5,0	4,5	14,0

Известно, что одним из условий повышения морозоустойчивости растений является накопление у них повышенных количеств растворимых сахаров (7). По аналогии можно было предположить, что на высоких дозах фосфора растения, одновременно с повышением их холодостойкости, будут содержать растворимых сахаров больше по сравнению с растениями других вариантов. В связи с этим мы провели анализы на содержание углеводов и общего азота в ли-

стьях томатов. Пробы для анализов были взяты в два срока — 3 VIII и в конце вегетационного периода 29 VIII, поэтому здесь можно говорить только о последствии элементов минерального питания (табл. 3), оказываемом ими, в сочетании с пониженными температурами, на ход биохимических процессов в растениях.

Таблица 3

Влияние условий питания на содержание углеводов и общего азота в листьях томатов (в % на абсолютно сухой вес)

Варианты	Моно-сахара	Сахароза	Сахара типа мальтозы	Сумма раствор. сахаров	Крахмал	Общий азот
3 VIII:						
Фосфор	0,79	0,46	0,40	1,65	11,90	2,62
Калий	0,83	0,26	1,32	2,41	8,61	2,64
Азот	0,89	0,47	0,53	1,89	0,50	4,46
Контроль	1,17	0,95	5,33	7,45	3,84	3,35
29 VIII:						
Фосфор	0,89	2,20	2,12	5,21	0,50	3,05
Калий	0,39	2,17	1,75	4,31	2,03	1,87
Азот	1,12	2,79	0,13	4,04	0,09	3,98
Контроль	1,07	1,65	1,73	4,45	0,81	2,65

были видны различия, которые к 29 VIII уже почти сгладились. Основное отличие в углеводном обмене заключалось в том, что в листьях растений на фосфатном, а также и на калийном питании в пробах от 3 VIII крахмал преобладал над растворимыми сахарами, чего не было в контроле и в варианте с высокой дозой азота. В отношении накопления углеводов в конце вегетационного периода (29 VIII) наблюдалась обычная картина превышения количества растворимых сахаров над крахмалом. При этом в пробе от 29 VIII специфика влияния минеральных элементов проявилась сильнее, чем в более ранний срок (3 VIII). Интересно, что в конце вегетационного периода в листьях растений на высоких дозах калия крахмала было несколько больше, а азота меньше по сравнению с растениями других вариантов.

То, что обнаруженные изменения в углеводном обмене не связаны с воз-

том растений, подтвердилось данными, полученными для томатов этого сорта, выращенных при оптимальных условиях.

В отношении азота различия заключались лишь в том, что с увеличением накопления крахмала количество общего азота уменьшалось.

Необходимо отметить, что преобладание крахмала над суммой растворимых сахаров наблюдалось в листьях картофеля, выращиваемого при пониженных температурах в условиях Заполярья (⁸). Накопление углеводов в виде крахмала указывает на усиление в тканях листа синтетических процессов.

Возможно, что повышенное накопление крахмала в листьях, более активной фотосинтетической их деятельности и увеличение содержания хлорофилла в результате усиленного фосфатного питания растений во время холодания и обуславливают повышение холодостойкости теплолюбивых культур, к каким относятся томаты.

Можно предположить, что под влиянием избыточного фосфатного режима питания повышалась активность крахмальной фосфорилазы, способствующей синтезу крахмала или крахмалоподобного вещества (⁹), в связи с чем и усилилась энергетическая деятельность организма.

Ботанический институт
им. В. Л. Комарова
Академии наук СССР

Поступило
25 III 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. Д. Брежнев, Томаты, 1955. ² W. F. Gericke, Bot. Gaz., 80, 410 (1925).
³ V. E. Brenchley, Ann. Bot., 43, 89 (1929). ⁴ Е. Я. Ермолаева, Тр.
Н. сер., 4, Экспер. бот., 3, 107 (1938). ⁵ Б. И. Саблинская-Иванова, Соц. растениевод., сер. А., 16, 37 (1935). ⁶ И. Н. Кукс, Соц. реконструкц. сельск. хоз., 12, 1 (1936). ⁷ И. И. Туманов, Физиологические основы зимостойкости культурных растений, 1940. ⁸ С. А. Каспарова, С. М. Вартапетян, Биохимия, 13, 6, 1 (1948). ⁹ А. Л. Курсанов, О. А. Павлинова, Биохимия, 13, 4, 378 (1948), О. М. Лутикова, Биохимия, 5, 6, 687 (1940).

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

И. В. МОСОЛОВ, А. Н. ЛАПШИНА и А. В. ПАНОВА

К ВОПРОСУ О ВНЕКОРНЕВОМ ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 14 IX 1956)

В последние годы проводится большая работа по изучению действия внекорневых подкормок макроэлементами на урожай различных сельскохозяйственных культур (1-6). Однако имеющийся в литературе экспериментальный материал не позволяет сделать определенных выводов об эффективности этого приема, так как в одних случаях внекорневые подкормки макроэлементами дают высокие прибавки урожаев, в других же эффекты совершенно отсутствуют.

В задачу наших исследований входило выяснение условий, определяющих эффективность внекорневых подкормок. С этой целью нами в течение 4 лет проводились полевые и вегетационные опыты с пшеницей, ячменем и клевером. Внекорневые подкормки макроэлементами осуществлялись путем опрыскивания растений растворами удобрений различной концентрации в периоды бутонизации и цветения растений.

Таблица 1

Влияние внекорневой подкормки N и P на урожай и качество зерна яровой пшеницы и ячменя

Варианты	Пшеница, опыт 1952 г.			Ячмень, опыт 1953 г.		
	вес зерна в г на сосуд	вес 1000 зерен в г	белок в зерне в %	вес зерна в г на сосуд	белок в зерне в %	крахмал в зерне в %
Фон (NPK по 0,4 г действующего начала на сосуд)	11,9	36,9	13,6	15,6	11,4	47,5
Фон + N внекорнев.	10,7	36,8	14,5	15,0	12,1	49,1
Фон + P внекорнев.	11,5	38,6	13,8	15,9	11,7	53,6

Примечание. Опрыскивание 0,5%-м раствором NH_4NO_3 и $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ в дозе 0,1 г действующего начала на сосуд.

Данные, представленные в табл. 1 и 2, свидетельствуют о том, что внекорневая подкормка макроэлементами, проведенная в период цветения пшеницы и ячменя, оказала влияние на улучшение качества зерна.

Так, содержание белка в зерне пшеницы и ячменя от внекорневой подкормки азотом повысилось от 0,7 до 2%. Подкормка растений суперфосфатом сказалась положительно на весе зерна у пшеницы и на проценте крахмала в нем у ячменя.

На высоту урожая внекорневая подкормка в этих опытах влияния не оказала. Однако дальнейшими исследованиями было установлено, что действие внекорневых подкормок макроэлементами на урожай зерновых

ультур может быть положительным на почвах, бедных питательными веществами (табл. 3 и 4).

Таблица 2

Влияние внекорневой подкормки NPK на урожай и качество зерна яровой пшеницы

Варианты	Вес зерна в г на сосуд	Вес 1000 зерен в г	Белок в зерне в %
Фон (NPK по 0,5 г действующего начала на сосуд) + H ₂ O внекорнев.	14,00	28,5	16,24
Фон + NPK внекорнев.	12,90	24,9	18,62
Фон + NP внекорнев.	14,97	29,6	17,03
Фон + N внекорнев.	13,67	28,3	17,12
Фон + P внекорнев.	14,78	29,3	16,46

Примечание. Опрыскивание растворами NH₄NO₃, Ca(H₂PO₄)₂ и KCl концентрацией: NPK — 20%; NP — 16%, и P — 8% по 20 мл соответствующего раствора на сосуд.

Данные, представленные в табл. 3, показывают, что эффективность внекорневой подкормки на фонах, различающихся по содержанию питательных веществ, была различной. Так, на относительно бедном фоне (первые 3 варианта) опрыскивание растений NPK оказало положительное действие как на урожай зерна, так и на его качество. На более же богатом фоне положительного действия внекорневой подкормки не наблюдалось. Аналогичные данные были получены также в вегетационных опытах с подсолнечником и в полевых опытах с яровой и озимой пшеницей.

Отсутствие положительного действия внекорневой подкормки на почвах, хорошо обеспеченных питательными веществами, можно объяснить тем, что в этом случае элементы минерального питания в достаточном количестве поступают через корневую систему и определяют ход физиологических процессов в растениях. Изменения же в обмене веществ под влиянием внекорневой подкормки не настолько существенны, чтобы сказаться на ходе процессов, связанных с поступлением питательных веществ через корни.

В полевых и вегетационных опытах с клевером внекорневая подкормка N, P и K, проводившаяся в период бутонизации — начала цветения растений, также оказывала на урожай семян различное действие (табл. 4).

Таблица 3

Влияние внекорневой подкормки NPK на урожай и качество зерна яровой пшеницы

Варианты	Вес зерна в г на сосуд	Вес 1000 зерен в г	Белок в зерне в %
Фон I (NPK по 0,5 г действующего начала на сосуд) + H ₂ O внекорнев.	13,7	38,2	12,7
Фон I + N внекорнев.	14,8	40,4	13,4
Фон I + NPK внекорнев.	16,0	40,9	13,3
Фон II (N ₂ P ₂ K ₂ по 1 г действующего начала на сосуд) + H ₂ O внекорнев.	19,0	45,9	17,4
Фон II + NPK внекорнев.	19,7	46,2	17,3

Примечание. Опрыскивание 0,5%-м раствором NH₄NO₃ и 1,6%-м раствором NH₄NO₃, Ca(H₂PO₄)₂ и KCl по 50 мл за три приема соответствующего раствора на сосуд.

Таблица 4

Влияние внекорневой подкормки NPK на урожай семян клевера. Вегетационные опыты

Варианты	Вес семян в г на сосуд			
	1952 г.	1953 г.	1954 г.	1955 г.
Фон (NPK) + H ₂ O внекорнев.	4,1	6,7	6,1	6,7
Фон + P внекорнев.	5,4	6,5	6,1	7,8
Фон + N внекорнев.	—	6,3	6,2	7,4
Фон + K внекорнев.	5,6	6,4	—	8,7

Примечание. Удобрения при набивке сосудов вносились в следующих дозах на сосуд: в 1952—1954 гг. по 0,5 г P₂O₅ и K₂O и 0,25 г N; в 1955 г. по 0,3 г P₂O₅ и K₂O и 0,25 г N.

Опрыскивание растений проводилось 1%-м раствором KCl и Ca(H₂PO₄)₂ и 0,5%-м раствором NH₄NO₃ в следующих дозах на сосуд: в 1952 г. по 0,16 г P₂O₅ и K₂O и 0,1 г N, в 1953 и 1954 гг. по 0,2 г P₂O₅ и K₂O и 0,1 г N, в 1955 г. — по 0,3 г P₂O₅ и K₂O и 0,1 г N.

Из данных табл. 4 видно, что внекорневая подкормка тем или иным питательным элементом в одних случаях повышала урожай семян клевера, в других — не давала эффекта. Аналогичные данные были получены и в полевых опытах (табл. 5).

Таблица 5

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на урожай семян клевера. Полевые опыты 1953—1955 гг.

Варианты	Вес семян в ц/га		
	1953 г.	1954 г.	1955 г.
Фон	2,93	2,24	3,5
Фон + P ₁₀ внекорнев.	3,40	2,43	3,5

Примечание. Опрыскивание 1,5—3%-м раствором суперфосфата, доза суперфосфата в 1954 г. составляла 5 кг P₂O₅ на 1 га.

Таблица 6

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на урожай семян клевера

Варианты	Сухой вес 10 растен.	Вес семян в ц/га	P ₂ O ₅ в %
Фон	9,1	1,92	0,74
Фон + P ₁₀ внекорнев.	12,8	2,45	1,01

Примечание. Опрыскивание 8%-м раствором.

Если в опыте 1953 г. внекорневая подкормка растений суперфосфатом увеличивала урожай семян клевера на 0,47 ц/га, то в опытах 1954 и 1955 гг. она или совсем не действовала, или оказывала очень слабое влияние.

Различное действие внекорневой подкормки в отдельные годы мы также объясняем неодинаковыми почвенными условиями. Так, опыты 1954—1955 гг. были заложены на хорошо удобренных почвах, что уменьшило действие внекорневой подкормки. Опыты же 1953 г. проводились на менее окультуренных почвах, вследствие чего внекорневая подкормка и оказала положительное действие. Однако следует отметить, что не только богатство почвы питательными веществами определяет эффективность внекорневой подкормки. Разница в действии внекорневой подкормки в отдельные годы может быть также связана, с одной стороны, со сроком ее внесения, а с другой — с погодными условиями. Так, например, в полевом опыте 1954 г. (см. табл. 5) в тот период, когда производилась подкормка клевера, стояла жаркая сухая погода, и раствор удобрения, нанесенный на поверхность листьев, быстро высыхал. Вследствие этого только очень незначительная часть фосфора могла поступать внутрь листовой ткани. Поэтому эффективность внекорневой подкормки была очень слабой.

В другом же опыте, где внекорневая подкормка клевера проводилась в ранний период развития растений (после снятия покровной культуры), а также в более прохладное влажное время, ее действие было положительным. При этом почва, на которой выращивался клевер, была удобрена 20 т/га навоза и 2 ц/га извести (табл. 6).

Эффективность внекорневой подкормки в данном опыте связана, повидимому, с тем, что в период ее внесения часто выпадали дожди и поступление фосфора в ткани растений было более полным, так как во влажную погоду покровная ткань листьев быстрее пропускает минеральные вещества, чем в сухую. Кроме того, молодые листья способны поглощать элементы минеральной пищи в большей степени, чем старые. Все это способствовало лучшему усвоению фосфора растениями клевера.

Таким образом, на основании проведенных полевых и вегетационных опытов можно сделать вывод о том, что эффективность внекорневой подкормки не является устойчивой и зависит, с одной стороны, от почвенных и погодных условий, а с другой — от срока ее проведения и физиологического состояния растений.

Внекорневая подкормка, проведенная в ранний период развития растений, оказывает более сильное влияние на урожай, чем подкормка в период

етения — колшения. На качество урожая (белковость, крахмалистость) внекорневая подкормка оказывает положительное влияние, причем наиболее эффективными являются поздние сроки ее проведения (начало колошения — цветения).

Внекорневая подкормка растений на бедных почвах эффективней, чем почвах, обеспеченных питательными веществами.

Всесоюзный институт удобрений, агротехники
и агропочвоведения

Поступило
16 II 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. В. Якушкин, М. М. Эдельштейн, Предуборочная внекорневая подкормка и другие способы повышения сахаристости сахарной свеклы, 1952. ² Я. А. Медяк, Сов. агроп., № 7 (1952). ³ Ф. И. Учеваткин, А. А. Бородулина, Внекорневые фосфорные подкормки в период плодообразования, Изд. АН УзССР, 1954. ⁴ Ф. Ф. Мацков, М. С. Клещевская, Селекц. и семеновод., № 9 (1951). ⁵ С. С. Еркин, Земледелие, № 6 (1953). ⁶ Сборник переводов, Внекорневое питание растений, ИЛ, М., 1956.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Е. М. ПОЛТАРЕВ

**О СТАДИИ ЯРОВИЗАЦИИ У МЕЖВИДОВЫХ
ГИБРИДОВ ПШЕНИЦЫ**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 14 IX 1956)

Зимостойкость растений сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum vulgare* Host.) определяется комплексом анатомо-морфологических и физиологических биохимических свойств. Показано (¹⁻³), что в условиях Украины сорта озимой мягкой пшеницы имеют длину стадии яровизации 40—45 дней. Сорта с длиной стадии яровизации ниже 40 дней обычно слабозимостойки и часто вымерзают.

У твердых пшениц (*Tr. durum* Desf.) длина стадии яровизации яровых сортов составляет всего 3—5 дней, полуозимых — 15—17 дней. Процессы яровизации у этой пшеницы могут проходить при температуре 5, и 10° поэтому при весеннем посеве яровые и полуозимые твердые пшеницы нормально колосятся, при осеннем же севе их растения зимой полностью вымерзают. До сих пор неизвестны твердые пшеницы с длиной стадии яровизации, как у озимых зимостойких сортов мягкой пшеницы. Чтобы получить хорошо зимующую озимую твердую пшеницу, необходимо добиться стадии яровизации не короче 40—45 дней.

В лаборатории генетики Института генетики и селекции АН УССР путем межвидовой гибридизации сортов озимой мягкой пшеницы с сортами твердой яровой и полуозимой пшеницы и воспитания гибридных растений начиная с F₁, в направлении высокой зимостойкости путем систематических осенних посевов получены формы озимой твердой и мягкой гибридных пшениц, зимующие в условиях Харькова (^{4,5}). В дальнейшем ставится задача повысить зимостойкость этих пшениц.

Изучение природы зимостойкости гибридных пшениц ведется в отношении многих признаков и свойств, в том числе и в отношении стадийного развития растений.

Наши опыты по изучению стадии яровизации проводились в 1955 г. на 73 семьях у 12 гибридов 2—5-го поколений. В качестве контроля использовались родительские сорта озимой мягкой пшеницы.

Семена гибридов и родительских сортов озимой пшеницы перед посевом различное время яровизировались при температуре от 0 до 2°. Чтобы уменьшить возможность дояровизации посевного материала весной в полевых условиях, посев производился на 10 дней позже оптимального срока.

Окончание стадии яровизации определялось началом колошения каждого опытного растения. У второго поколения гибридов до выколашивания невозможно определить ботанический вид каждого растения, поэтому учет выколосившихся и невыколосившихся растений производился суммарно, без определения их вида (табл. 1).

Из данных табл. 1 следует, что у районированного на Украине сорта озимой мягкой пшеницы Одесская 3 основная масса растений выколашивается при яровизации семян в течение 40—45 дней. У большинства гибридных растений второго поколения стадия яровизации длится не более 30 дней, что указывает на влияние ярового родителя. То что при длительности яро

ации семян 35 дней не выколосилось 22—39% растений, а при длитель-
ти яровизации 40 дней не выколосились 13—35% показывает, что в гиб-
ном потомстве второго поколения часть растений имеет длинную стадию
визации, т. е. приближается к озимым сортам и резко отличается по этому
йству от твердых пшениц.

Следует отметить, что 5—8% растений не выколосилось даже при ярови-
ии в течение 45—50 дней. Это объясняется, повидимому, тем, что часть
ян из-за недостаточной
жности не прошло яро-
ации, а часть запоз-
ших растений не выко-
ились вследствие по-
ждения личинкой швед-
й мухи. Поэтому 92%
выше выколосившихся
тений мы в опыте при-
мали за полное выкола-
вание.

Начиная с F₃ продол-
тельность стадии ярови-
ии изучалась у расте-
й раздельно по группам
рдых и мягких пшениц
бл. 2).

Из данных табл. 2 сле-
ет, что у всех гибридов
ьего поколения более
инная стадия яровизации быстрее формируется в группе мягких пшениц,
аоборот — в группе твердых пшениц длинная стадия яровизации форми-
ется медленнее. Это объясняется тем, что в группе мягких пшениц происхо-
т процесс восстановления продолжительной стадии яровизации, нарушен-
й половой гибридизацией, в группе же твердых пшениц длинная стадия
овизации формируется заново, а потому и более медленно. У разных гиб-

Таблица 1*

Колошение растений F₂ межвидовых гибридов озимых
мягких пшениц с яровыми твердыми пшеницами в
зависимости от продолжительности периода яровизи-
ции семян

Название сортов и гибридов	Число выколосившихся растений в % к общему их числу				
	при 30 дн.	при 35 дн.	при 40 дн.	при 45 дн.	при 50 дн.
Одесская 3 × Народная	63,2	60,7	86,7	100	100
Гордеiforme 1426/7 × × Лютеценс 17	62,5	77,8	84,6	95,7	100
Алабасская × Гордеiforme 1426/7	50,0	63,6	66,7	100	94,4
Одесская 3	—	—	54,4	92,5	97,8

* Таблицы приводятся в сокращенном виде.

ошение растений F₃ межвидовых гибридов озимых мягких пшениц с яровыми твер-
ыми пшеницами в зависимости от продолжительности периода яровизации семян

Таблица 2

Название сортов и гибридов	Бот. и вид *	Число выколосившихся растений в % к общему их числу				
		при 30 дн.	при 35 дн.	при 40 дн.	при 45 дн.	при 50 дн.
Пименка × Народная	v.	20,8	24,9	71,4	73,7	95,2
еже	d.	73,5	51,7	100	87,5	100
Пименка × Красавица Кабарды	v.	—	—	—	89,4	100
еже	d.	55,0	26,3	38,4	93,3	100
Алабасская × Гордеiforme 1426/7	v.	—	—	52,6	56,2	94,4
еже	d.	22,2	56,7	66,7	100	100
Лютеценс 17 × Аранданы	v.	—	—	50,0	44,5	73,6
еже	d.	22,2	29,4	92,0	100	100
Одесская 3 × Красавица Кабарды	v.	—	8,6	36,7	75,8	100
еже	d.	—	—	37,4	91,6	90,0
Одесская 3 × Народная	v.	9,7	19,0	27,1	31,3	96,7
еже	d.	66,7	75,0	100	87,5	87,5
Лютеценс 17 × Гордеiforme 1426/7	v.	68,4	61,1	70,6	62,5	74,9
еже	d.	91,7	80,0	85,7	100	96,4
Одесская 3	v.	—	—	51,3	95,0	100

* v. — Triticum vulgare, d — Tr. durum.

дов формирование этой стадии происходит неодинаково, например
ердые и мягкие пшеницы F₃ Лютеценс 17 × Гордеiforme 1426/7, F₃ Одес-
ая 3 × Народная, F₃ Пименка × Народная имеют короткую стадию ярови-

Колошение растений F_3 межвидовых гибридов озимых мягких пшениц с яровыми твердыми пшеницами в зависимости от продолжительности яровизации семян (в % к общему числу растений)

Таблица 3

Название гибридов и сортов	№№ семени	Бот. вид*	Число выколосившихся растений в % к общему их числу											
			при 16 дн.	19 дн.	22 дн.	25 дн.	28 дн.	31 дн.	34 дн.	37 дн.	40 дн.	43 дн.	46 дн.	49 дн.
Алабаская × Меланопус 69	1	v.	—	13,2	6,2	33,3	6,2	50,0	61,1	57,9	41,8	80,0	85,7	94,1
	2	v.	—	—	—	—	—	7,0	—	—	81,4	84,4	71,0	91,9
	3	v.	—	—	—	—	28,0	66,7	63,0	73,1	—	93,1	93,3	100
	1	d.	13,8	45,2	33,3	5,4	—	22,2	28,6	10,8	75,0	83,3	73,1	91,4
	3	d.	—	—	—	—	—	—	—	—	63,6	70,0	71,4	100
Алабаская × Народная	1	v.	38,7	40,0	45,8	53,4	54,9	80,0	55,2	30,8	87,1	82,4	65,6	93,9
	2	v.	—	—	3,3	32,3	9,7	89,3	85,0	96,5	—	100	—	—
	3	v.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1	d.	51,5	78,3	72,7	68,9	57,1	92,0	96,3	91,8	90,4	64,3	27,3	100
	3	d.	9,5	7,4	39,1	—	—	25,0	15,8	16,7	50,0	100	98,4	100
Ферругицеум 1230 × Гордениформе 1426/7	1	v.	48,8	68,9	78,3	89,1	83,7	84,0	86,7	90,5	88,2	100	—	50,0
	2	v.	69,5	37,5	55,6	63,2	40,0	65,2	69,6	55,6	92,0	91,7	100	100
	3	v.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1	d.	34,6	40,0	42,5	—	—	56,9	66,7	20,0	15,5	62,5	90,0	100
	3	d.	—	32,5	50,0	57,8	66,7	50,0	50,0	55,2	45,5	95,7	100	100
Алабаская Ферругицеум 1239	1	d.	—	4,4	14,3	31,9	5,3	48,2	4,7	17,8	4,1	95,7	100	82,9
	2	d.	—	—	—	—	—	—	—	7,4	—	80,8	—	100
	3	d.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1	v.	—	—	—	—	—	9,4	—	6,4	—	52,6	61,9	97,4
	3	v.	—	—	—	—	—	7,3	—	4,1	—	100	72,1	100

* v. — *Triticum vulgare*, d. — *Tr. durum*.

ии. У большинства растений этих комбинаций она заканчивается в 30 й, тогда как у гибридов F_3 Алабасская \times Гордеиформе 1426/7, F_3 Одесская 3 \times Красавица Кабарды, F_3 Пименка \times Красавица Кабарды многие растения имеют длину стадии яровизации свыше 40 дней.

Опыты указывают на возможность перенесения длинной стадии яровизации при помощи половой гибридизации уже в третьем поколении от озимой мягкой пшеницы в группу твердой пшеницы.

Среди твердых пшениц четвертого поколения в пределах каждой гибридной комбинации, с одной стороны, встречаются семьи с относительно короткой стадией яровизации, у которых большинство растений колосится после 37 дней яровизации семян, с другой стороны, — ряд семей заканчивает стадию яровизации только через 42—52 дня, т. е. некоторые семьи имеют стадию яровизации даже более длинную, чем широко распространенный тип озимой мягкой пшеницы Одесская 3. Мягкие гибридные пшеницы F_3 по длине первой стадии приближаются к сорту Одесская 3.

В F_5 от каждого гибрида бралось для исследования по 4 семьи мягкой и 4 семьи твердой пшеницы (табл. 3).

В F_5 , в отличие от F_3 по длине стадии яровизации уже нет резкой границы между твердыми и мягкими пшеницами. Часть гибридных озимых твердых пшениц по этому свойству приравнивается к озимым мягким пшеницам. Семьи (линии) как твердых, так и мягких пшениц в пределах каждой гибридной комбинации пятого поколения имеют неодинаковую длину стадии яровизации, что указывает на разные темпы формирования длинной стадии яровизации у этих линий. У одних семей этот процесс проходит быстро (у №№ семей твердой и мягкой пшениц), длина стадии яровизации у таких семей, как правило, равна сортам озимой мягкой пшеницы. У других семей (первые №№ семей твердых и мягких пшениц) процесс формирования длинной стадии яровизации проходит в менее интенсивной форме, различия по длине первой стадии развития невыравнены, сильно изменчивы. У этих семей характерна незавершенность процесса становления длинной стадии яровизации даже в пятом поколении гибридов. Остальные семьи гибридов занимают промежуточное положение между указанными крайними типами.

У гибрида F_5 Алабасская \times Народная обнаружена семья озимой твердой пшеницы № 3, у которой стадия яровизации оказалась более продолжительной (49—50 дней), чем у известных высокозимостойких сортов озимой мягкой пшеницы Одесская 3, Алабасская и Ферругинеум 1239.

Приведенные экспериментальные материалы показали, что путем кривидовой гибридизации незимующих сортов твердой пшеницы, у которых стадия яровизации очень короткая, с сортами озимой мягкой пшеницы, у которых длительность стадии яровизации равна 40—45 дням, и систематических осенних посевов гибридов получены формы озимой твердой пшеницы с длиной стадии яровизации 40—45 дней, и даже 49—50 дней. Твердых пшениц с такой продолжительностью стадии яровизации в литературе описано не было. Эти формы пшеницы при весеннем посеве не колосятся, а при осенних посевах нормально зимуют в условиях Харькова.

Работа проводилась под руководством А. Ф. Шулындина.

Институт генетики и селекции
Академии наук УССР

Поступило
19 XII 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Т. Д. Лысенко, Стадийное развитие растений, 1952. ² Д. А. Долгушин, Озимая коллекция пшениц на фоне яровизации, 1935. ³ В. И. Разумов, Среда и интенсивности развития растений, 1954. ⁴ А. Ф. Шулындин, ДАН, **91**, № 3 (1953).
Ф. Шулындин, Журн. общ. биол., **15**, № 5 (1954).

О. П. БОГДАНОВ

О НАХОЖДЕНИИ НА ТЕРРИТОРИИ СССР ЗАДНЕБОРОЗДЧАТОЙ ЗМЕИ ЗЕРИГЕ — PSAMMOPHIS SCHOKARI FORSKAL

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 5 IX 1956)

По литературным данным⁽¹⁻³⁾, заднебороздчатая змея зериге — *Psammophis schokari* Forskal 1775 — является довольно обычным видом в Северной Африке, Аравии, Сирии, Иране, Белуджистане, Афганистане, Синде, Пенджабе,

Кашмире. Ближайшие к советско-иранской границе пункты нахождения этого вида расположены в Куган-Мешедской долине. На территории СССР он до сих пор не был обнаружен.

В середине июня 1953 г. экземпляр этой змеи был добыт в Копет-Даге вблизи Гауданского перевала, недалеко от границы с Ираном (20—25 км на юг от Ашхабада). Змея была поймана на высоте примерно 1500 м над уровнем моря в тот момент, когда она переползала шоссе по сейную дорогу.

Добытый экземпляр — крупный половозрелый самец. Длина его туловища с головой 920 мм, хвоста — 455 мм. По А. Смиту⁽²⁾, общая длина наиболее крупного самца 1280 мм (длина туловища с головой 820 мм, хвоста — 460 мм).

Зрачок круглый. Вокруг середины туловища 17 рядов гладких чешуй. По Г. А. Буланже⁽¹⁾, у отдельных эк-

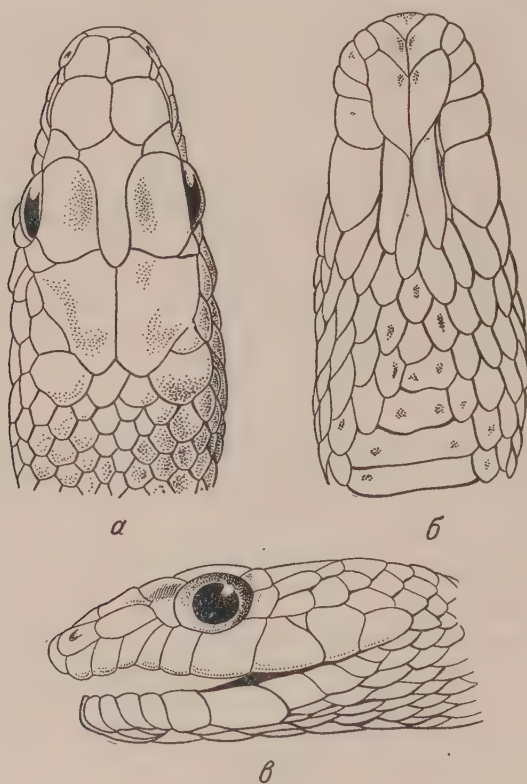


Рис. 1. Голова *Psammophis schokari*: а — сверху, б — снизу, в — сбоку

земпляров изредка бывает 19 рядов. Анальный щиток разделен. Брюшных щитков 187, подхвостовых 123 пары. По А. Смиту⁽²⁾, количество брюшных щитков варьирует от 164 до 187, подхвостовых от 121 до 134, а у Г. А. Буланже⁽¹⁾, — первых бывает от 162 до 195, вторых — от 93 до 147.

Скуловой щиток один, предглазничный один, заглазничных два. Височных щитков с одной стороны два, с другой три. Верхнегубных девять; по литературным данным^(1, 2), у этого вида иногда их бывает восемь или десять. У нашего экземпляра глаза касаются два верхнегубных щитка — пятый

шестой, у других же его иногда касаются четвертый и пятый (^{1,2}) или шестой и седьмой (¹). Нижнегубных щитков десять (рис. 1).

Пойманный экземпляр светло-коричневый с темной продольной полосой, идущей от глаза по бокам головы и туловища. Эта полоса окаймлена узкими светло-желтыми полосами. Передняя половина тела более темная, затем рисунок бледнеет и на хвосте почти исчезает. Брюхо желтовато-белое с неясными мелкими темными пятнами по краям.

По литературным данным (¹⁻³), окраска и рисунок очень варьируют. Сверху она может быть желтоватая, сероватая, бледно-оливковая или красноватая—одноцветная, с поперечными пятнами или продольными полосами.

Институт зоологии и паразитологии
Академии наук УзССР

Поступило
11 II 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ G. A. B o u l e n g e r, Catalogue of the snakes in the British Museum (Natural History), 3, London, 1896. ² A. S m i t h, The Fauna of British India, Ceylon and Burma, Reptilia and Amphibia, 3, Serpentes, London, 1943. ³ Fr. W e r n e r, Reptilien aus Persien (Provinz Fars), Separatabdruck aus der «Verhandlungen» der k. k. Zool.-bot. Gesellsch., Wien, 1917.

П. В. МАТЁКИН

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ АРЕАЛЕ *Succinea elegans* RISSO
(GASTROPODA, PULMONATA, STYLOMMATOPHORA)

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 24 VIII 1956)

До настоящего времени не вызывало сомнений представление о том, что амфибионтная янтарка *Succinea elegans* Risso распространена лишь в южных и юго-восточных районах Европы и в Средней Азии⁽¹⁾. Северная граница распространения вида в Европейской части СССР принималась, по многочисленным данным, совпадающей с широтой Калининграда. В Средней Азии, по нашим данным, вид не проникает восточнее Джунгарского хребта. В горных районах *S. elegans* не выходит за верхнюю границу пояса лиственных лесов. Такой ареал свидетельствует о явной теплолюбивости *S. elegans*.



Рис. 1. Раковина *Succinea elegans* Risso из района Якутска

В 1956 г. благодаря любезности К. М. Рыжикова мы получили несколько экземпляров янтарок из района Якутска, раковины которых по одним признакам довольно близки к раковинам *S. elegans* Risso, по другим — *S. chrysis* West. Этот материал был собран на влажном пойменном лугу правого берега р. Лены, в 40 км ниже Якутска.

Приводим краткое описание двух экземпляров с наибольшим количеством оборотов: раковины удлинненно-овальные, темно-оранжевые с золотистым отливом, довольно грубо морщинистые. Завиток большой, последний оборот слабо выпуклый, шов слабо спускающийся. Устье узко-овальное занимает 66—70% общей высоты раковины, внутри золотистые. Размеры: высота раковины 7,0 и 7,5 мм, ширина раковины 4,1 и 4,3 мм, высота устья 4,9 и 5,0 мм, число оборотов $2\frac{3}{4}$.

S. chrysis West. наши экземпляры сближают размеры раковин и окраска, с *S. elegans* Risso — число оборотов и отношение высоты устья к общей высоте раковины. Необходимо, однако, отметить, что относительная высота устья у экземпляров из Якутска — это тот минимум, который раковины *S. elegans* Risso встречается чрезвычайно редко.

Установить истинную видовую принадлежность этих экземпляров позволило лишь исследование половой системы, имеющей ведущее значение при определении видов рода *Succinea*^(2,3) (в ряде случаев, например у *S. elegans*

что и заставляло относить ее к фаунистической группе видов смешанных и широколиственных лесов Европы⁽¹⁾. Для Западной, средней и Восточной Сибири фаунистические списки указывают широко распространенные во всей палеарктике виды — *S. putris*⁽²⁾ и *S. pfeifferi* Rssm., а для северо-восточной Сибири (Чукотский полуостров) указывается еще *S. chrysis* West., обитающая также и на Аляске.

равнительно с *S. pfeifferi*, челюсть и радула не обладают достаточно ясными дифференциальными признаками).

Все исследованные нами экземпляры из Якутска, включая и экземпляры меньшим, нежели указано выше, количеством оборотов, оказались типичными *S. elegans* Risso. У больших экземпляров (число оборотов $2\frac{3}{4}$) половая система была полностью развитой, у меньших она обладала еще чертами ювенальности.

Как видно из рис. 2, половая система якутских экземпляров имеет сле-

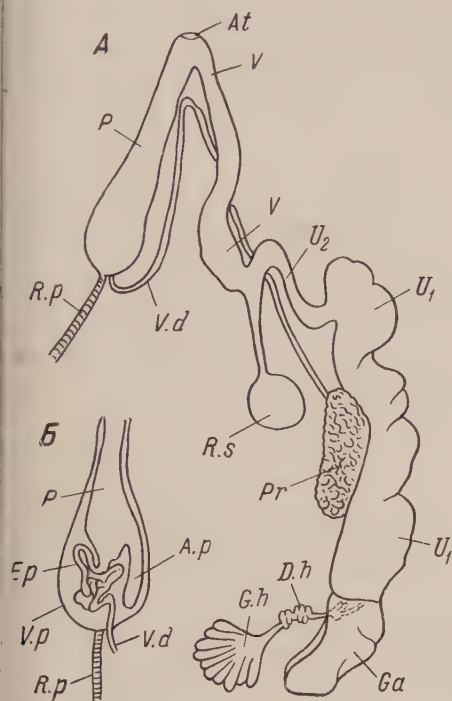


Рис. 2

Рис. 2. Половая система *Succinea elegans* Risso из района Якутска. А — общий вид половой системы, Б — проксимальный отдел пениса; чехол пениса вскрыт

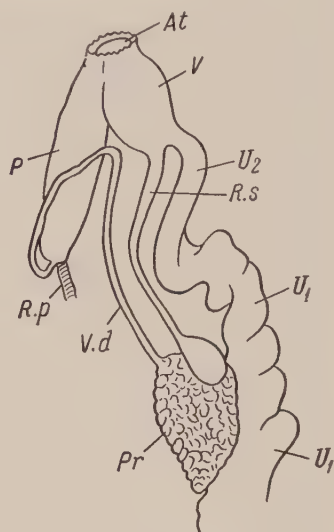


Рис. 3

Рис. 3. Дистальные части половой системы *Succinea pfeifferi* Risso.

дующие особенности, характерные для *S. elegans* и отличающие этот вид от *S. pfeifferi* и *S. putris* (2): пенис (p), слегка суживающийся к дистальному концу, имеет чехол (V. p.) (влагалище пениса, по другим авторам), в проксимальной части которого лежит свернутый в клубок эпифаллус (Ep.) и маленький червеобразный аппендикс (Ap), длина которого 0,5 мм (у *S. putris* пенис не имеет придатка). Вагина (V.) слегка изогнута, узкая и длинная: ее длина в 5—6 раз больше ширины (у *S. pfeifferi* вагина прямая и короткая, ее длина лишь в 2—3 раза больше ширины (рис. 3)). Остальные признаки половой системы характерны для рода *Succinea* в целом.

Тщательное сравнение препаратов половой системы якутских экземпляров с препаратами половой системы *S. elegans* из Средней Азии и из Европейской части СССР убедило нас в их идентичности, если не считать некоторых различий в абсолютных размерах, всегда пропорциональных размерам раковины. Строение челюстей и радулы наших экземпляров соответствует строению этих частей у *S. elegans* и *S. pfeifferi*.

Таким образом, необходимо признать, что в районе Якутска — на правом берегу Лены — *S. elegans* обитает. Мы не располагаем еще достаточными данными для того, чтобы идентифицировать чукотскую и северо-американскую *S. chrysis* с *S. elegans*. Однако мы позволим себе высказать предположение, что такая идентификация, видимо, вполне вероятна.

Следовательно, современный ареал *S. elegans* Risso представляет собой два разобщенных района, один из которых охватывает юго-восток Европы

(включая Кавказ) и Среднюю Азию, а второй лежит в средней Сибири. Такой характер ареала вида можно объяснить лишь существованием в третичное время широкого «третично-палеарктического» ареала, распавшегося в послеледниковое время на два обособленных участка, с вымиранием вида на широких просторах сев.-вост. Европы и в Западной Сибири. Изучение биологии вида в условиях средней Сибири, резко отличных от условий южной части ареала, объяснит те причины, благодаря которым здесь сохранился этот реликт теплого и влажного климата третичного времени.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
24 VIII 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. М. Лихарев, Е. С. Раммельмейер, Наземные моллюски фауны СССР 1952. ² Н. Е. Quick, *Proc. Malac. Soc. Lond.*, 20, № 6 (1933). ³ G. Mandahl Barth, *Danmarks fauna*, 54 (1949).

А. Н. АЛИЕВ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ МЕХАНИЗМОВ ИНТОКСИКАЦИИ
ОРГАНИЗМА ПРИ АНАЭРОБНОЙ ИНФЕКЦИИ (НА МОДЕЛИ ИНТОКСИКАЦИИ БЕЛЫХ КРЫС ТОКСИНОМ *VIBRION SEPTIQUE*)

(Представлено академиком А. Д. Сперанским 10 IX 1956)

В процессе анализа механизмов развития интоксикации при газовой ингаляции нами было установлено, что многократное введение в мышцы белых крыс подпороговых доз токсина септического вибриона приводит к развитию смертельной интоксикации. Однократное введение в мышцы животных всей суммарной дозы используемого токсина (200 *dlm* для мыши) не вызывало ни у одного животного развития смертельной интоксикации.

Изучая экспериментально сущность этого явления, мы установили, что суммационный эффект от действия подпороговых доз токсина может возникнуть только тогда, когда нервная система способна воспринять падающие на нее патогенные раздражения и опосредствовать их через соответствующие звенья рефлекторной дуги. Было показано, что введением в организм новокаина, барбамила или оперативным перерывом афферентного, интерферентного или центральных звеньев рефлекторной дуги удается предотвратить развитие интоксикации при многократном введении в организм однопороговых доз токсина.

Для анализа процессов, возникающих в нервной системе при такого рода введении в организм токсина, мы воспользовались методом определения критической частоты суммации, как показателя функционального состояния нервной системы. Сущность этого метода заключается в том, что у животных определяется способность к суммации нервных импульсов при раздражении нерва импульсным током различной частоты, определяемой в герцах. Этот критический параметр дает возможность выявить те изменения лабильности, которые наступают в нервной системе под влиянием различных физиологических или патологических раздражителей.

В наших условиях опыт ставился следующим образом. 30 крыс были разделены на 6 групп (по 5 крыс в каждой).

I группе животных было введено однократно в мышцы бедра 200 *dlm* токсина септического вибриона.

II группе та же доза, разделенная на 20 равных частей (по 10 *dlm*), вводилась в мышцы бедра 20 раз с интервалом в 30 мин.

III группе также вводили подпороговые дозы токсина, как и второй группе, с той лишь разницей, что этим животным было инъецировано кровь 25 АЕ специфической сыворотки с целью исключить возможность действия активных доз токсина через кровь.

IV группе животных вводилась в кровь смертельная доза токсина — 200 *dlm* — с целью выявления тех изменений в нервной системе, которые могут иметь место при попадании токсина в кровь.

V группе животных было введено в мышцы 20-кратно с интервалом 30 мин. по 10 *dlm* токсина септического вибриона, разрушенного предварительным кипячением (контроль на многократные инъекции).

VI группа нормальных животных служила также контролем для выяснения диапазона колебания лабильности нервной системы у разных животных.

У всех подопытных животных через 11 ч. после вмешательства, а также у их контролей определяли критическую частоту суммации.

У животных отсепаровывали п. *peroneus* правой конечности (однократные и многократные введения токсина производились в мышцы левой задней конечности). Центральный конец перерезанного нерва укладывался на погружные электроды; для нанесения стимулов мы пользовались аппаратом Грах-1 опытного завода АМН СССР.

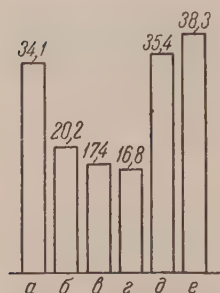


Рис. 1. Средние величины критической частоты суммации при различных формах введения в организм белых крыс токсина септического вибриона (в гц): а — 200 *dlm* токсина однократно в мышцы бедра; б — 10 *dlm* токсина 20 раз с интервалом в 30 мин. в мышцы бедра; в — внутривенно 25 АЕ сыворотки + в мышцы 10 *dlm* токсина 20 раз с интервалом в 30 мин; г — 6 *dlm* токсина внутривенно (смертельная доза при введении токсина в кровь); д — многократное введение дробных доз разрушенного (кипячением) токсина; е — контроль (нормальные животные)

Мы определяли реобазу и вследствие невозможности определить в условиях нашего опыта порог времени, т. е. хронаксия, ограничивались сначала удвоением, а затем укорочением найденной реобазы в 10 раз. Длительность воздействия была всегда одна и та же (0,04 м/сек.).

Затем мы устанавливали ту минимальную частоту подпороговых стимулов, т. е. критическую частоту суммации, при которой обнаруживался пороговый эффект рефлекторной реакции *m. semitendinosus*.

Полученные в результате этого опыта данные (рис. 1) показывают, что многократные введения в мышцы животных подпороговых доз токсина значительно снижают лабильность нервной системы и повышают ее способность к суммации падающих на нее раздражений (средняя критическая частота суммации 20,2 гц). Этот эффект остается в силе и при «блокаде» крови 25 АЕ сыворотки (средняя критическая частота 17,4 гц).

Отмеченный факт говорит о том, что изменение лабильности нервной системы возникает в этих случаях в связи с патогенными раздражениями, идущими с периферии в центр, а не с непосредственным действием токсина, попавшего в кровь. При введении токсина непосредственно в кровь также отмечается значительный сдвиг лабильности нервной системы (средняя критическая частота суммации 16,8 гц). Дополнительный анализ показал, что сдвиг этот связан здесь с так называемым «автоматическим» действием токсина на центральную нервную систему.

При однократном введении в мышцы 200 *dlm* токсина и при многократном введении в мышцы разрушенного кипячением токсина лабильность нервной системы остается примерно в тех же пределах (средняя критическая частота суммации 34,1—35,4 гц), что и у нормальных животных (38,8 гц).

Полученные данные позволяют сделать заключение, что раздражения подпороговыми дозами токсина афферентных приборов мышц способны рефлекторным путем изменить лабильность нервной системы и повысить ее способность к суммации падающих на нее раздражений. Такой же эффект может иметь место и при «автоматическом» действии токсина на центральную нервную систему. В обычных условиях развития газовой гангрены следует считать с этими двумя реальными возможностями развития интоксикации. Каждый из этих механизмов сам по себе может, как показывает опыт, привести животное к летальному исходу, если он превысит физиологическую меру компенсаторных процессов. Удельный вес этих двух нервных факторов может меняться в зависимости от конкретных условий развития заболевания и исходной и меняющейся реактивности организма по отношению к раздражителям окружающей среды.

Т. А. ДЕТЛАФ

**ВИДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ФОРМООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВАХ
ЗАРОДЫШЕВОГО МАТЕРИАЛА И СМЕЩЕНИЕ ГАСТРУЛЯЦИИ
ОТНОСИТЕЛЬНО СТАДИЙ ДРОБЛЕНИЯ**

**(ЗНАЧЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ
И КЛЕТОЧНЫХ ПОКОЛЕНИЙ)**

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенем 26 V 1956)

В настоящей работе нас интересовал вопрос о критериях возраста зародка в связи с отличиями формообразовательных свойств зародышевого материала, обнаруженными у представителей разных отрядов и семейств амфибий на сходных стадиях развития.

Вместо отдельных данных, характеризующих отличия линзообразующих свойств покровного эпителия у разных видов амфибий, известных из первых работ с глазом⁽¹⁾, в настоящее время благодаря целеустремленным исследованиям на путях сравнительного анализа закономерностей развития⁽²⁾ накопилось много фактов, складывающихся в стройную картину видовых различий в формообразовательных взаимоотношениях.

Крупнейшим шагом на этом пути было открытие Д. П. Филатовым следящих двух принципиально важных закономерностей: 1) что способности эпителия к образованию линз, опорных нитей и покровного эпителия изменяются согласованно и являются функцией более общих свойств эпителия и 2) что видовые различия в линзо- и нитеобразующих свойствах эпителия связаны с разным темпом его дифференцирования у разных видов^{(3,4)*}. В дальнейшем А. С. Гинзбург⁽⁵⁻⁸⁾, на основании собственных данных по развитию слухового пузырька и литературного материала, показала, что открытая Филатовым закономерность справедлива и для других производных эктодермы, включая и нервную систему. «В основе видовых особенностей развития различных эктодермальных закладок лежат видовые особенности эктодермы в целом: более или менее раннее латентное дифференцирование эктодермы, сопровождающееся выделением участков, обладающих свойкой органогенной спецификой»⁽⁷⁾. При этом оказалось, что, помимо обнаруженного Филатовым параллелизма в изменении скорости дифференцирования покровного эпителия в рядах Anura и Urodela, существует непрерывный ряд изменений: у Anura эпителий дифференцируется раньше, чем у Urodela (среди Anura раньше других у Ranidae, а среди Urodela у Amystoma mexicanum раньше, чем у Triturus vulgaris.)

Такой же ряд был установлен Пастельсом⁽⁹⁾ и в отношении времени появления способности к мезодермальной и нейтральной дифференцировкам,

* У одних видов способность к образованию линз и опорных нитей возникает в материале, из которого они потом развиваются раньше, и соответственно остальной эпителий раньше утрачивает способность к образованию дополнительных линз и опорных нитей и развивается в покровный эпителий, а у других видов эти изменения и для линз и для опорных нитей наступают позднее.

причем выяснилось, что существует корреляция между изменениями свойств эктодермы и хордомезодермального зачатка. Относительно энтодермы в литературе нет сравнительных данных.

Таким образом, появление в процессе развития органогенной специфики в эктодерме и разных (хотя и не всех ⁽¹⁰⁾) ее производных, а также в хордомезодермальном зачатке у одних видов сдвинуто на относительно более раннее, у других — на более поздние стадии развития. Важно, что описанные различия сохраняются на протяжении длительного периода развития: они обнаружены и на стадии ранней бластулы ⁽⁹⁾, и на поздних стадиях, когда возникают качественные отличия в материале зачатка глаза ⁽¹¹⁻¹³⁾.

Различия в скорости дифференцирования эктодермы и хордомезодермального зачатка обнаруживаются не только в отношении их формообразовательных свойств, но и во времени определения полярности ^(14, 15) и расчленения на слои ^(16, 17).

Разному темпу дифференцирования эктодермы и хордомезодермального материала у разных видов соответствуют и различия в характере формообразовательных взаимодействий у этих видов. Так, хордомезодермальная подстилка, раньше вступающая во взаимодействие с эктодермой, чем продолговатый мозг, у *Anura* играет относительно большую роль в развитии слухового пузырька, чем у *Urodela* ⁽⁷⁾. Такие же различия в системе формообразовательных взаимодействий в связи с различиями в скорости дифференцирования эктодермы и ее производных обнаружены и в других органогенах ^(12, 13).

Все эти данные расширяют границы ранее установленной закономерности ^(3, 7, 8) и говорят о том, что имеются видовые различия в скорости дифференцирования материала разных зародышевых листков и их производных относительно общих процессов развития (гастрюляция и нейруляция), причем эти отличия влекут за собой изменение относительного значения отдельных формообразовательных взаимодействий, т. е. зародыш эволюирует как целое. Сказанное согласуется с представлениями по этому поводу И. И. Шмальгаузена ⁽¹⁸⁾.

Возникает вопрос о причинах указанных различий в скорости дифференцирования материала зародыша на сходных стадиях развития у разных видов. В чем их биологический смысл и с чем они могут быть связаны?

Филатов ⁽³⁾ рассматривал этот вопрос в отношении эпителия только в историческом аспекте; он считал, что темп дифференцирования эпителия сохраняется отбором по признаку его общего, точнее не установленного значения для организма и указывал возможное направление этих изменений. По поводу причин, обуславливающих эти различия в онтогенезе, до сих пор не было высказано никаких соображений. Ниже приводятся материалы представляющие в этой связи интерес. Они посвящены уточнению критериев определения возраста зародышей и выяснению особенностей развития, которые могут быть ответственны за возникновение обсуждаемых различий у отдельных представителей *Anura* и *Urodela*.

Напомним, что при сравнительных исследованиях для оценки возраста зародышей используют последовательный ряд стадий ^(19, 20), характеризующихся определенными, четко выраженными признаками, причем для разных стадий эти признаки различны. Такая оценка возраста сравниваемых зародышей, однако, не всегда достаточна, поскольку возможно смещение стадий относительно друг друга. Изучая строение зародышей тритона, аксолотля и разных видов лягушек (*Rana temporaria*, *R. terrestris*, *R. ridibunda*, *R. esculenta*) в самом начале гастрюляции, я обратила внимание на то, что зародыш тритона на этой стадии содержит гораздо меньше клеток, чем аксолотль и разные виды лягушек, т. е. что начало гастрюляции у него смещено на более ранние стадии дробления. Это обстоятельство представляет интерес не только с точки зрения характеристики строения и объема клеточного материала зародышевых листков, но и как показатель возраста составляющих их клеток: у зародыша тритона на сходных стадиях гастрюляции

гауляции зародышевый материал содержит более молодые поколения клеток, чем у аксолотля и разных видов *Ranidae*.

Для того чтобы составить представление о порядке этих различий, было подсчитано количество ядер на средних сагиттальных срезах, проходящих через едва намечающуюся спинную губу бластопора на стадии начала гауляции (ст. 10 по Гаррисону) у *Triturus vulgaris*, *Ambystoma mexicanum*, *Rana terrestris* и на поперечных разрезах на границе 1-й и 2-й трети передне-задней оси зародыша на стадии конца гауляции (ст. 12) и начала гауляции (ст. 13) у *Tr. vulgaris*, *Amb. mexicanum*, *R. temporaria*, *R. terrestris*.

Зародыши были фиксированы жидкостями Буэна и Сан-Феличе, окрашены тотально борным кармином или на срезах гемалауном. При подсчете ядер, начиная со стадии анафазы, делящиеся ядра считались за два.

Таблица 1

Количество ядер на центральных сагиттальных разрезах через зародышей в самом начале гауляции и их отношения у сравниваемых видов (ст. 10 по Гаррисону)

Вид	Число ядер в срезе	Число просчитанных срезов	Сравниваемые виды	Отношение числа ядер с поправкой на относительную толщину срезов	Показатель существенности разности средних (<i>t</i>)*
<i>Ambystoma mexicanum</i>	279 + 2%	10	Amb. Trit.	2,1	10,1
<i>Triturus vulgaris</i>	200 + 2,8%	8	Amb. Rana	0,7	10,6
<i>Rana terrestris</i>	356 + 1,3%	10	Rana Trit.	3,0	21,7

$$* t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{m_1^2}{n_1} + \frac{m_2^2}{n_2}}}$$

В табл. 1 приведено количество ядер в средних сагиттальных срезах изученных видов. Каждая цифра представляет среднее из 8—10 подсчетов (по 2—4 среза у 3 зародышей). Средняя ошибка среднего арифметического велика. Полученные цифры, однако, еще нельзя сравнивать, поскольку срез в 10 μ у зародышей разных видов, имеющих разные размеры, представляет разную часть зародыша. Для сравнения количества ядер необходимо было внести соответствующую поправку и рассчитать отношение количества ядер при одинаковой относительной толщине срезов. В связи с этим вместо отношения непосредственно найденных чисел ядер $\frac{K_A}{K_B}$, где *A* и *B* — ин-

дексы вида, мы пользовались отношением $\frac{K_A}{K_B} \times \frac{d_A}{d_B}$, где *d_A* и *d_B* — диаметры зародышей. При этом мы исходим из того, что отношение количества ядер в срезе у сравниваемых видов обратно пропорционально отношению диаметров зародышей или количеству срезов, на которые они разложены.

Если бы гауляция у сравниваемых видов начиналась при одинаковом числе клеток, полученное отношение должно было бы быть равно единице, действительности же мы имели резко отличные цифры, причем показатели существенности разности сравниваемых средних (*t*) вполне достоверны (м. табл. 1).

У тритона гастрюляция начинается при количестве клеток в центральном срезе, равном половине их количества у аксолотля и трети у *R. terrestris* на соответствующей стадии. Такого количества клеток, при котором начинается гастрюляция у *R. terrestris*, зародыш тритона достигает лишь к концу гастрюляции и началу нейруляции. Аксолотль занимает промежуточное положение между тритоном и *R. terrestris*, причем стоит ближе к последнему виду. Различия в числе ядер имеются и на стадиях конца гастрюляции и начала нейруляции (ст. 12 и 13).

Таким образом, различиям в дифференцировке эктодермы и хордомезодермы у *T. vulgaris*, *Amb. mexicanum* и *Ranidae* на одинаковых стадиях развития соответствуют реальные различия в возрасте составляющих их клеток определяемом поколением клеток. Это позволяет предполагать, что ответственным за свойства зародышевого материала, может быть, является генерация составляющих их клеток. Можно думать, что процессы дифференциации, осуществляющиеся во время дробления, делают неравноценными клетки разных генераций даже в том случае, если они участвуют в построении зародышей одинаковых стадий развития (гастрюляции и нейруляции). Экспериментальную аналогию этому явлению можно видеть в опытах Гольтфретера⁽²¹⁾, где эктодерма, пробывшая разное время в солевом растворе и затем посаженная на зародыша, обладала различными формообразовательными свойствами в зависимости от того, сколько времени ее выдерживали в растворе.

Различный темп дифференциации эктодермы и хордомезодермы, установленный экспериментальными исследованиями и влекущий за собой изменение формообразовательных взаимодействий, может иметь, таким образом, одним из источников смещение начала процесса гастрюляции на более ранние или более поздние стадии дробления. Поэтому стадия развития не может служить достаточным критерием для суждения о возрасте зародыша. В определении формообразовательных свойств и формообразовательных взаимодействий, по-видимому, имеет значение сочетание поколения клеток и стадии развития, которые у разных видов могут смещаться друг относительно друга. Требуется дальнейшие исследования для выяснения биологического значения такого смещения, а также для выяснения природы внутриклеточных изменений в процессе дробления.

Поступило
25 V 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. S p e m a n n, Zool. Jahrb. Abt. allg. Zool. u. Phys., **32**, 1 (1912). ² Д. П. Ф и л а т о в, Сравнительно-морфологическое направление в механике развития и его объект и пути. Изд. АН СССР, 1939. ³ Д. П. Ф и л а т о в, Журн. общ. биол., **4**, 28 (1943). ⁴ А. П. Ш е и н а, ДАН, **29**, 72 (1940). ⁵ А. С. Г и н з б у р г, ДАН, **54**, 561 (1946). ⁶ А. С. Г и н з б у р г, ДАН, **72**, 1195 (1950). ⁷ А. С. Г и н з б у р г, ДАН, **73**, 22 (1950). ⁸ А. С. Г и н з б у р г, Латентный процесс специализации эктодермы, образующей зачаток лабиринта у аксолотля и тритонов, Кандидатская диссертация, Инст. морфол. животн. АН СССР, 1945. ⁹ J. P a s t e e l s, J. Embryol. u. exp. Morph., **1**, 5 (1953). ¹⁰ О. Г. С т р о е в а, Экспериментальное и сравнительное исследование ранних стадий развития органов движения некоторых позвоночных. Автореферат кандидатской диссертации, 1952. ¹¹ Г. В. Л о п а ш о в, ДАН, **61**, 581 (1948). ¹² Г. В. Л о п а ш о в, Механизмы образования нейральной части глаза в зародышевом развитии. Автореферат докторской диссертации, 1956. ¹³ Н. И. Д р а г о м и р о в, ДАН, **23**, 398 (1939). ¹⁴ W. L u t h e r R o u x, Arch., **131**, 523 (1934). ¹⁵ Т. А. Д е т л а ф, ДАН, **55**, 77 (1947). ¹⁶ F. L e h m a n n, Roux, Arch., **137**, 591 (1938). ¹⁷ Т. А. Д е т л а ф, Сравнительно-экспериментальное изучение эволюции эктодермы, хордомезодермы и их производных у *Anamnia*. Докторская диссертация, Инст. морфол. животных АН СССР, 1948. ¹⁸ И. И. Ш м а л ь г а у з е н, Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии, Изд. АН СССР, 1940. ¹⁹ V. H a m b u r g e r, A Manual of Experimental Embryology, 211 (1947). ²⁰ R. R u g h, Experimental Embryology, 480 (1948). ²¹ J. H o l t f r e t e r, Roux, Arch., **129**, 619 (1933).

Г. А. ШМИДТ

**РОСТ И ДИФФЕРЕНЦИРОВКА ЗАРОДЫШЕВОГО ДИСКА
У КОРОВЫ (*BOS TAURUS*)**

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенем 9 VI 1956)

В предыдущем сообщении (⁴) было показано, что ко времени освобождения от яйцевых оболочек зародыш коровы имеет вид микроскопически-малого шарика — зародышевого пузырька (синонимы: бластоциста, трофобластический, или бластодермический пузырек), имеющего в диаметре 0—160 μ . Стенка пузырька выполняет функцию усвоения пищевых веществ, содержащихся в железистых секретах матки (так называемое маточное



Рис. 1. Образование раннего зародышевого диска. Возраст во всех случаях считается с момента спаривания

оолоко), и обладает значением эмбрионального приспособления (питающая эктодерма, или трофобласт). Степень развития этого приспособления (рис. 1) оказывает влияние на темп роста собственно зародышевой части, представленной сначала зародышевым узлом, затем зародышевым диском, а далее зародышевым щитом, из которого уже формируется нервная пластинка (¹⁻⁶).

Зародышевый узел превращается в зародышевый диск к концу 14-х суток развития, когда зародышевый пузырек имеет несколько меньше 0,5 мм в длину и 1 мм в ширину. Ранний зародышевый диск имеет в диаметре около 180 μ (0,18 мм) (см. рис. 1).

Превращение зародышевого узла в зародышевый диск представляет, по-видимому, явление, не имеющее аналога у других высших позвоночных. Оно заключается в том, что внутри зародышевого узла появляется щелевидная полость, параллельная поверхности пузырька. Затем обе половины зародышевого узла разворачиваются подобно развернутой книге. Некоторое время только что сформированный зародышевый диск обнаруживает деление

на половины, ограничивающие полость в центре зародышевого узла (рис. 1, А). Затем вогнутости поверхности диска исчезают и она становится слегка выпуклой.

Эктодерма зародышевого диска состоит из клеток различной величины. Ядра выглядят также полиморфными, некоторые из них очень сильно окрасиваются гематоксилином (рис. 1, Б). Энтодерма диска состоит из одного слоя довольно высоких клеток (рис. 1, Б).

В течение 15-х суток зародышевый пузырек вырастает в тоненькую трубочку с гантелевидными вздутыми концами, которая к концу этих суток достигает в длину 10—12 мм. Зародышевый диск становится овальным до 280 μ в длину и 180 μ в ширину.

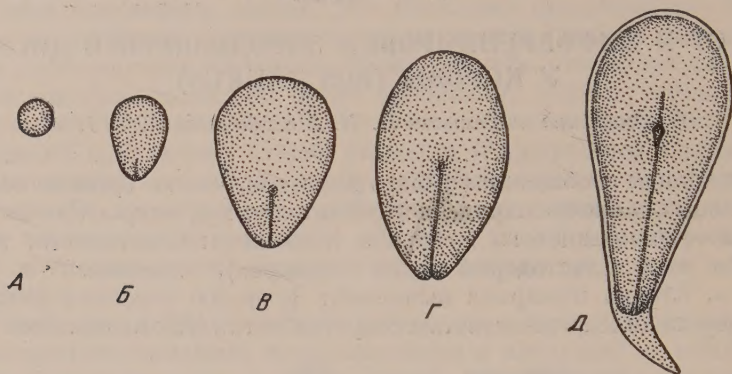


Рис. 2. Изменения зародышевого диска в течение 5 суток от конца 14-х до конца 19-х суток. 35 \times . А — зародышевый диск в возрасте 14 суток 22 часа, диаметр 0,188 мм. Длина зародышевого пузырька 2,56 мм. Б — зародышевый диск в возрасте 15 суток 12 часов, размер 0,5 \times 0,25 мм. Длина зародышевого пузырька 70 \times 1 мм. На заднем конце диска видна очень короткая первичная полоска. В — зародышевый диск в возрасте 17 суток 12 часов, размер 0,995 \times 0,57 мм. Длина зародышевого пузырька 270 мм. Первичная полоска составляет меньше половины длины зародышевого диска. Г — зародышевый диск в возрасте 18 суток 9 часов, размер 1,2 \times 0,6 мм. Длина зародышевого пузырька 350 мм. Первичная полоска составляет примерно половину длины зародышевого диска. Д — зародышевый щит в возрасте 19 суток 12 часов, размер 1,518 \times 0,759 мм. Длина зародышевого пузырька 400 мм

В течение 16-х суток зародышевый пузырек вырастает в длину примерно в десять раз и достигает к концу суток 10—12 см. Зародышевый диск в течение этих суток значительно увеличивается, достигая 0,5 мм в длину и 0,25 мм в ширину. В нем появляется ранняя закладка первичной полоски, что знаменует собою начало образования симметричной закладки целомического мезодермы. Длина первичной полоски 16-суточного зародышевого диска меньше 0,15 мм.

В течение 17-х суток зародышевый пузырь вырастает в длину до 15—20 см, его толщина увеличивается до 2 мм. Зародышевый диск значительно увеличивается, достигая в длину 1 мм, а в ширину 0,45 мм. Первичная полоска также увеличивается в длину, не достигая, однако, величины половины длинной оси зародышевого диска. В течение этих суток появляются амниотические складки.

В течение 18-х суток зародышевый пузырь вырастает в длину до 20—25 см и в толщину до 2—2,5 мм. Зародышевый диск достигает в длину 1,2—1,25 мм, а в ширину 0,55—0,6 мм. Первичная полоска становится равной половине длинной оси диска (рис. 2). К концу 18-х суток амниотические складки замыкаются.

В течение 18-х суток конец зародышевого пузырька, обращенный в сторону полости тела матки, проникает в эту последнюю и отсюда дальше в полость противоположного рога. Эта проникающая в полость второго

га матки часть зародышевого пузырька первоначально имеет вид нитевид- тонкой трубочки, которая, однако, в течение 19-х суток расширяется не отличается по виду от противоположного конца пузырька. К концу 19-х суток общая длина трубки зародышевого пузырька достигает 35—40 см. Зародышевый диск к концу 19-х суток достигает максимального размера — длиной оси 1,5 мм, его ширина слегка увеличивается — до 0,7 мм. В процессе дифференцировки в течение 19-х суток происходят значительные изменения. По-видимому, в сравнительно короткий срок наступает превращение зародышевого диска в зародышевый щит: эктодерма как бы натягивается, складки расправляются. Передняя половина зародышевого диска полу-

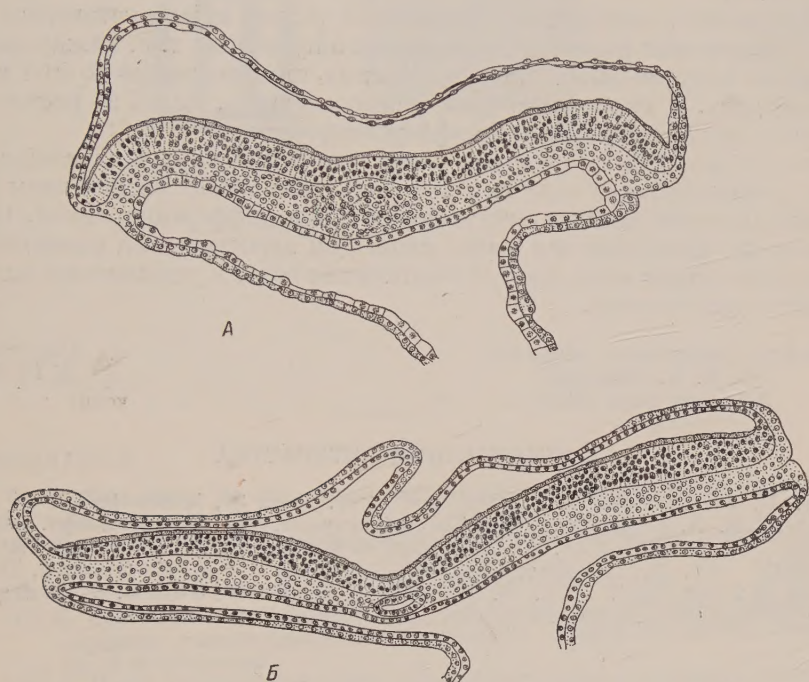


Рис. 3. Поперечные срезы позднего зародышевого диска на уровне переднего конца первичной полоски (А) и зародышевого щита в области головного отростка (Б). Рисовальный аппарат: ок. 17, об. 3. А — отмечается неправильно concentрическое расположение ядер клеток головного отростка. Б — в головном отростке виден хорошо сформированный хордальный канал]

дает правильные очертания полуокружности; ее задняя граница проходит перпендикулярно через передний конец первичной полоски (через узелок Гензена). Задняя половина зародышевого щита получает форму равнобедренного треугольника с вершиной, обращенной назад. Этот треугольник как бы делится первичной полоской на две равные половины. В течение 19-х суток возникает закладка головного отростка, который в течение следующих 20-х суток получает в центре хорошо сформированный канал хорды.

Из всего изложенного следует, что можно уловить определенное соотношение между ростом зародышевого пузырька и ростом и дифференцировкой зародышевого диска. Первый отрезок роста соответствует подготовительным процессам формирования зародышевого диска. Он заключается в росте зародышевого пузырька от момента освобождения от яйцевых оболочек (конец 10-х суток, зародышевый пузырек имеет около 0,15 мм в диаметре) до конца 14-х суток (зародышевый пузырек имеет в длину 2,5 мм и в ширину 1 мм). Зародышевый узел увеличивается от 0,05 мм до 0,15 мм в диаметре, превращаясь к концу указанного времени в зародышевый диск.

Второй промежуток роста начинается с конца 14-х суток и оканчивается 16 сутками. Зародышевый пузырек за время этих 2 суток увеличивается в длину примерно в 40 раз. Длина зародышевого диска увеличивается за это время свыше чем в три раза. В конце 16-х суток, как мы видели, формируется первичная полоска и начинается пролиферация элементов целомического мезодермы.

Третий отрезок роста охватывает также 3 суток — с конца 16-х до конца 19-х суток. Длина зародышевого пузыря увеличивается в четыре, а длина зародышевого диска в три раза. В течение 19-х суток происходит превращение зародышевого диска в зародышевый щит, формируется головной отросток (рис. 3).

Существенно в описанных наблюдениях то, что можно установить связь между увеличением размеров зародышевого пузырька, т. е. между нарастанием мощи эмбрионального приспособления, питающего самого себя и зародышевый диск, и увеличением размеров последнего. Вслед за ростом зародышевого диска наступает его дифференцировка.

Вряд ли могут быть сомнения в том, что у яйцекладущих млекопитающих и у рептилий также удастся установить связь между увеличением размеров зародышевого диска и наступающей в нем дифференцировкой. Однако у названных животных вся масса пищи для зародышевого развития дана с момента откладки яйца, и это обстоятельство ведет к усложнению изложенных здесь зависимостей.

Институт морфологии животных
им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР

Поступило
25 IV 1956

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. И. Логинов, Тр. Казанск. гос. ветер. инст., **37**, 1, 256 (1926). ² М. Я. Соловей, А. А. Герасимова, Тр. Лаб. искусств. осем. Всесоюз. инст. животнов. **11** (1945). ³ Г. А. Шмидт, Тр. Инст. морфол. животн. им. А. Н. Северцова АН СССР **12**, 5 (1954). ⁴ Г. А. Шмидт, ДАН, **107**, № 5 (1956). ⁵ M. C. Chang, The Anat. Rec., **113**, № 2, 143 (1952). ⁶ L. M. Winters, W. W. Green, R. E. Comstock, Univ. of Minnesota Agric. Exp. Stat., techn. Bull., № 151, 1 (1942).